Die vornehmsten Lehren der Astronomie

deutlich dargestellt

in Briefen an eine Freundin.

Zweiter Theil.

Von

H. W. Brandes

Herzogl. Oldenburg. Deich = Conducteur, der Hamburg. Gesellsch. zur Beförderung nützlicher Künste und Gewerbe Associirtem.

Mit Kupfern.

Leipzig, bei G. J. Göschen, 1811.

Forschung, die still in dem sich verliert, was schon lange
War, und was wird in der Schöpfung Labyrinthe,
Du bist Quelle mir auch, aus der mir
Wonne der Einsamkeit rinnt.

Hat sich mein Geist in Wahrheit vertieft, die auch fern nur
Spuren mir zeigt vom Beherrscher der Erschaffnen,
O, dann tönet umsonst des Weltgetümmels
Toben; — ich höre dann nicht!

Klopstock.

Inhalt des zweiten Bandes.

27ster Brief. Von Hypothesen.

28ster Brief. Wie die Erscheinungen der Sterne sich uns auf der rotirenden Erde zeigen müssen.

29ster Brief. Einwürfe gegen die Umdrehung der Erde. Directer Beweis dafür aus den Benzenbergischen Versuchen.

30ster Brief. Beweis für die Umdrehung der Erde aus ihrer Abplattung.

31ster Brief. Jeder Theil der Erde besitzt eine anziehende Kraft. — Gesetze des freien Falles der Körper.

32ster Brief. Bahnen geworfener Körper.

33ster Brief. Die anziehende Kraft der Erde erhält den Mond in seiner Bahn. Abnahme dieser Kraft bei zunehmender Entfernung von der Erde.

34ster Brief. Bestimmung der wahren Gestalt der Mondbahn. Micrometer.

35ster Brief. Figur der Erdbahn. Aenderung der Lage der Erdbahn.

36ster Brief. Einwürfe gegen die Bewegung der Erde. Ein Blick auf die unermeßliche Größe des Weltgebäudes.

37ster Brief. Beweis für die Bewegung der Erde und der Planeten um die Sonne.

38ster Brief. Fortsetzung des Vorigen.

39ster Brief. Bestimmung der Umlaufszeiten und der Abstände von der Sonne für alle Planeten. Tabelle über die Abstände der Planeten von der Sonne und ihre Umlaufszeiten.

40ster Brief. Andre Meinungen über die wahren Bahnen der Weltkörper. Elliptische Gestalt der Erdbahn.

41ster Brief. Wie man die elliptische Gestalt und die Lage der Erdbahn und der Planetenbahnen bestimmt hat.

42ster Brief. Bestimmung der Sonnen-Parallaxe aus den Durchgängen der Venus. Wahre Größen der Sonne, des Mondes und der Planeten.

43ster Brief. Etwas von den Ungleichheiten in der Bewegung der Himmelskörper.

44ster Brief. Beweis, daß die Sonne es ist, welche durch ihre anziehende Kraft die Planeten und Cometen in ihren Bahnen erhält. Gesetz für die Abnahme dieser Kraft in größerer Entfernung.

45ster Brief. Die Bahnen der Planeten und Cometen müssen elliptisch sein, und die Sonne muß im einen Brennpuncte stehen.

46ster Brief. Von den Perturbationen. Wahre Bahn des Mondes.

47ster Brief. Erklärung der Ursachen, welche die wichtigsten Ungleichheiten in der Bewegung des Mondes bewirken.

48ster Brief. Von den Monden der Planeten und dem Ringe Saturns; von der anziehenden Kraft der Planeten und der Sonne und ihrer Dichtigkeit.

49ster Brief. Von der Ursache des Zurückgehens der Nachtgleichenpuncte.

50ster Brief. Von der Ebbe und Fluth.

51ster Brief. Etwas über das äußere Ansehen der Cometen.

52ster Brief. Wie fern sich die Bahnen der Cometen bestimmen lassen.

53ster Brief. Beweis, daß die Bahn eines Cometen sich aus drei Beobachtungen bestimmen lasse.

54ster Brief. Irregularitäten in dem Laufe der Cometen.

55ster Brief. Von der Entfernung der Fixsterne und Nebelflecke von uns.

Zweiter Theil.

Sieben und zwanzigster Brief.

am 16. Jan.

Sobald man in der Beobachtung des Himmels so weit gekommen ist, daß man eine Reihe von Erscheinungen kennt, daß man durch ihre periodische Wiederkehr versichert ist, man habe die Erscheinungen richtig aufgefaßt, so ist die Frage natürlich, wie diese Erscheinungen entstehen? — Da wir bei unserm Urtheile über die Bewegung so entfernter Gegenstände, wie die Sterne sind, sehr vielen Täuschungen ausgesetzt bleiben, da es uns nicht vergönnt ist, diese Bewegung von andern Standpuncten aus zu betrachten: so bleibt uns nichts anders übrig, als zuerst Vermuthungen über die wahre Bewegung der Himmelskörper aufzustellen, und dann durch Vergleichung dieser Vermuthungen mit allen Erscheinungen auszumachen, ob die Hypothese richtig sei. Es scheint zwar, als ob diese

Methode, die Wahrheit zu entdecken, eben nicht die zweckmäßigste ist, denn es lassen sich vielleicht hundert falsche Hypothesen aufstellen, die durch einen Anschein von Wahrheit uns lange täuschen, und doch endlich sich als unrichtig zeigen, auch haben wirklich manche Vermuthungen lange unter den Astronomen in Ansehen gestanden, und sind doch endlich falsch befunden; — aber dennoch ist dieser Weg der einzige, der uns bei der Naturforschung offen steht. Wenn ich, ohne selbst ein Spiel zu verstehen, dem Chartenspiele zusehe, so bemerke ich zwar bald, daß einige Charten mehr gelten als andre, und wenn ich den hohen Werth des As bemerke, so könnte ich vielleicht auf den Gedanken kommen, daß die Charten mit den wenigsten Augen am meisten Werth haben; aber wie viele andre Beobachtungen würden dieser Vermuthung widersprechen, und wie lange würde es dauern, ehe ich so mir selbst die Regeln des Spieles aus der bloßen Beobachtung entwickelte. Ich würde also thöricht handeln, wenn ich hier durch Hypothesen langsam die Wahrheit suchen wollte, denn hier steht mir der bessere Weg offen, den Kenner des Spieles zu fragen, und so alle meine

Zweifel zu entscheiden; aber wen konnten die Astronomen fragen, ob die Sonne um die Erde laufe, oder diese um jene?

Aber werden Sie fragen, woran erkenne ich denn die Richtigkeit einer Hypothese, und wie kann ich sicher sein, daß sie nach neun und neunzig Uebereinstimmungen mit der Wahrheit nicht doch an der hundertsten Erscheinung scheitert, und sich als unrichtig zeigt? — So schwer die Beantwortung dieser Frage im Einzelnen sein mag, so läßt sich doch folgendes Allgemeine darüber sagen. Eine Hypothese muß nicht nur mit keiner der Erscheinungen in auffallendem Widerspruche stehen, sondern die Erklärung der Erscheinungen muß sich auch leicht und ungezwungen, gleichsam von selbst aus der Hypothese ergeben. Die Natur ist in allen ihren Wirkungen einfach, und deswegen muß auch die Erklärung der Erscheinungen einfach und ungekünstelt sein; eine Hypothese, die bei jeder Erscheinung besondre Voraussetzungen nöthig hat, um sie zu erklären, verdient niemals Zutrauen. Eben diese Einfachheit, die wir in den Gesetzen der Natur überall finden, und die der Mensch gleichsam von der Natur fordert, weil es ihm scheint,

daß Ordnung und Zweckmäßigkeit, weise Benutzung und ausgebreitete Wirkung einfacher Mittel, — Vorzüge, die seinem Geiste so wichtig vorkommen, und die seinem Streben zur Richtschnur dienen, gewiß dem Geiste nicht fremd sein durften, der die ganze Natur ordnete und leitet; — diese Einfachheit nöthiget uns auch zu verlangen, daß eine Hypothese vieles, eine Menge verwandter Erscheinungen erkläre. So lange eine Erscheinung einzeln da steht, ist es oft leicht, eine erklärende Vermuthung anzugeben; aber wir können dieser, wenn sie uns auch Beifalls würdig scheint, nicht recht viel Zutrauen schenken, so lange sich nicht mehrere Proben darbieten, und sie sich nicht auch an diesen bewährt findet. Und in eben der Einfachheit der Natur liegt auch der Grund, warum die Hypothesen die sichersten sind, aus denen sich die Erscheinungen durch mathematische Berechnung herleiten lassen, und wo die Berechnung sich mit der Natur übereinstimmend findet. Sie selbst werden zwar diesen Probierstein nicht gebrauchen wollen, aber er ist gleichwohl einer der sichersten, und wer die Wahrheit der astronomischen Hypothesen von Copernicus, Kepler,

und vorzüglich von Newton, von denen ich Sie bald unterhalten werde, in ihrem völligen Glanze will kennen lernen, der muß die bis ins Kleinste gehende Uebereinstimmung der aus jenen Hypothesen hergeleiteten Rechnungen mit dem wahren Laufe des Himmels selbst untersuchen.

Doch mein Eifer reißt mich zu weit fort, ich wollte Ihnen nur etwas weniges zu Beantwortung der Frage, woran man die richtigen Hypothesen kenne, sagen, und kann nun kein Ende finden. Ich werde Sie mit den falschen Theorieen, aus welchen die ältern Astronomen sich den Lauf der Himmelskörper zu erklären suchten, nicht aufhalten, sondern gleich zu der richtigen fortgehen; und ich hoffe, Sie werden da an einem Beispiele am besten sehen, wie man von der Richtigkeit einer Hypothese lebendig überzeugt wird.

Aber was kann ich heute dieser langen Vorrede noch hinzufügen? — Lassen Sie mich lieber mit dem wichtigen Worte: die Erde dreht sich um ihre Axe! — einen neuen Brief anfangen, und das soll denn recht bald geschehen.

Acht und zwanzigster Brief.

am 18. Jan.

Ich erfülle mein Versprechen, und setze mich schon heute wieder hin, um mit Ihnen Ueberlegungen über die Frage anzustellen, ob sich die Erde dreht, oder ob wirklich die Sterne täglich einmal um die Erde herum laufen. Der erste Anblick ist zwar mehr für das Letztere, aber wie oft der erste Anblick täuscht, davon werden Sie selbst Exempel in Menge wissen; ich will Ihnen daher nur eines anführen, welches grade mit unserm Falle viele Aehnlichkeit hat. Ich weiß nicht, ob Sie je Gelegenheit gehabt haben, auf einem etwas breiten Strome in einem Schiffe zu fahren, wenn das Schiff lavirt; vermuthlich aber werden Sie diesen Ausdruck kennen, und wissen, daß beim Laviren das Schiff im Zickzack segelt, und also manchmal seine Richtung plötzlich ändert. Dieses Wenden des Schiffes, wie die Schiffer es nennen, wird durch das Steuerruder bewirkt, ohne daß man mitten im Schiffe irgend eine Veränderung fühlt, und es sieht nun für den, der sich im Schiffe befindet,

völlig so aus, als ob alle Gegenstände am Ufer mit ziemlicher Schnelligkeit um das Schiff herum liefen, weil man gar keine Empfindung davon hat, daß es eigentlich das Schiff ist, welches sich dreht. Könnte man das Schiff unaufhörlich so um seine eigene Axe drehen, so würde den Leuten im Schiffe jener Kreislauf aller umliegenden Gegenstände als unaufhörlich dauernd vorkommen, und wenn sie nie am Lande gewesen wären, so würden sie vielleicht jenen Gegenständen einen wirklichen Kreislauf zuschreiben, wenn sie nicht durch einen Blick auf das zunächst am Schiffe befindliche Wasser erinnert würden, daß es doch wohl das Schiff selbst ist, welches sich dreht.

Diese und ähnliche Erfahrungen berechtigen also wenigstens zu der Frage, ob nicht etwa die Erde sich drehe; und wenn man diese einmal aufgeworfen hatte, so mußte man bald finden, daß diese Bewegung der Erde weit wahrscheinlicher sei, als die Umdrehung der ganzen Himmelskugel. Zwar so lange man noch sich alle Sterne als an einer ungeheuern Kugelfläche befestigt dachte, da mochte es immer möglich sein, anzunehmen, daß diese ungeheure Masse sich

um die Erde drehe, und daß deswegen die Sterne in ihren Lagen gegen einander unverrückt blieben; aber als man die besondern Bewegungen einzelner Himmelskörper bemerkte, da ward es doch immer schwieriger, sich es zu denken, daß diese mit der Himmelskugel um uns herum gezogen würden, und doch als von ihr getrennt, so regelmäßig hinter den andern Sternen zurück blieben; ja, als man sogar in dem Monde einen kugelförmigen, der Erde sehr ähnlichen Körper erkannte, und nun vermuthen durfte, daß auch alle Sterne ähnliche, frei schwebende Körper sein möchten, da mußte die Meinung, die Erde drehe sich um ihre Axe, einen großen Vorzug vor der andern Meinung erlangen. Zweifel stießen freilich immer noch denen auf, die an diesen Gedanken nicht gewöhnt waren, aber eine genauere Ueberlegung zeigte doch, daß diese Zweifel sich völlig genügend beantworten ließen.

Lassen Sie uns also nun einmal annehmen, die Erde drehe sich wirklich um sich selbst, so können wir folgendes aus den himmlischen Erscheinungen abnehmen. Die Axe, um welche sich die Erde dreht, bleibt immer dieselbe, oder

die Puncte, wo die Axe die Oberfläche der Erde schneidet, bleiben beständig einerlei. Diese Puncte, die wir zuerst als unter dem Pole des Himmels liegend angaben, können wir jetzt mit vollem Rechte die Pole der Erde nennen, weil es allgemein eingeführt ist, die Endpuncte der Umdrehungsaxe bei einer Kugel ihre Pole zu nennen. Blieben diese Pole der Erde nicht immer an einerlei Stelle der Erdoberfläche, so würde auch der Aequator sich verrücken, und die geographische Breite jedes Ortes sich ändern, welches alles man gar nicht bemerkt. — Die Erde, die wir schon lange als eine frei im Weltraume schwebende Kugel kennen, dreht sich also unaufhörlich auf einerlei Weise um jene unveränderliche Axe; aber diese Axe bleibt auch von Tage zu Tage nach einerlei Puncte des Himmels gerichtet, oder am Pole der Erde sieht man heute und morgen immer denselben Punct des Himmels im Zenith, und darum sind die Erscheinungen des Sternenhimmels, wenn wir von den eigenen Bewegungen der Sonne, des Mondes und der Planeten absehen, an einerlei Orte täglich gleich. Aber um eine klare Vorstellung von der scheinbaren

Bewegung der Sterne, so wie sie uns vorkommen muß, wenn die Erde sich dreht, zu erlangen, dürfen wir nie vergessen, daß die Sterne sehr weit von uns entfernt sind, und daß also die Verrückung unsers Standpunctes, welche aus der drehenden Bewegung der Erde entspringt, keinen Einfluß auf jene Erscheinungen hat. Stellt nämlich (Fig. 33) DEB die Erde vor, und D meinen Wohnort auf derselben, AB aber die Axe: so ist mein Standpunct nach 12 Stunden zwar von D nach E hinumgerückt, aber wenn ich in D den Pol des Himmels nach der Richtung DF sah, so erscheint er mir jetzt nach der Richtung EG, die damit gleichlaufend ist, und die Verrückung meines Standpunctes ist zu unbedeutend, als daß sie in der Stellung der Sterne etwas Merkliches änderte. Meine Bewegung auf der sich drehenden Erde ist, während ich still zu stehen glaube, grade eben so, wie sie sein würde, wenn ich auf der ruhenden Erde in 12 Stunden auf dem Parallelkreise DE von D nach E reiste, und die Erscheinungen des Himmels müssen mir also an meinem Wohnorte so vorkommen, wie sie einem solchen Reisenden sich zeigen würden,

wenn weder die Erde noch die Himmelskugel sich drehte. Aber wie würde diesem Reisenden der Himmel sich zeigen? — Wir wollen annehmen, er reise auf demselben Parallelkreise nach Osten, so behält der Pol des Himmels immer einerlei Höhe, aber nach und nach kommen ihm Sterne in den Meridian, die ihm vorhin östlich von demselben standen, und diejenigen, welche er früher im Meridiane erblickte, gehen nach Westen hin, und neigen sich endlich zum Untergange. Wenn dieser Reisende also es vergäße, daß er selbst sich bewegt, so würde er den Pol des Himmels als ruhend betrachten, von allen andern Sternen aber glauben, daß sie durch eine Umdrehung der Himmelskugel von Osten nach Westen um ihn herum geführt würden. —

Doch warum verweile ich hierbei so lange, da es Ihnen ohne Zweifel schon klar genug ist, daß es uns vorkommen muß, als drehe die Himmelskugel sich von Osten nach Westen um uns, wenn die Erde sich von Westen nach Osten um ihre Axe dreht. Indem nämlich die rotirende Erde sich ostwärts wendet, kehrt mein Wohnort sich gegen östlichere Sterne, das heißt, es kommen mir die östlichern Sterne ins Zenith und

in den Meridian, und rücken weiter nach Westen, und man sollte also nicht sagen: die Sonne geht um mein Haus von Osten nach Westen herum, sondern vielmehr: mein Haus kehrt des Morgens die Ostseite, des Mittags die Südseite, und des Abends die Westseite gegen die immer stillstehende Sonne. Aber wenn diese sonderbare Accuratesse im Ausdrucke eingeführt würde, so müßte man auch nicht mehr sagen: die Sonne geht auf, sondern vielmehr: die östlichen Berge rücken weg, um mich die Sonne sehen zu lassen; oder ich müßte z. B. hier in meinem Wohnorte vom Sonnen-Untergange sagen: die Erde schiebt mir durch ihre Umdrehung den Meerbusen der Jahde und das holländische Gebiet vor die Sonne. — Hierbei fällt mir der Einwurf der alten Theologen ein, daß Josua der Sonne geboten habe, still zu stehen, woraus deutlich erhelle, daß die Sonne um die Erde laufe. So lächerlich Ihnen dieser Einwurf gegen astronomische Theorieen vorkommen mag, so war er doch zu jener Zeit, als unwissende Mönche über die Gemüther herrschten, gar nicht unwichtig; denn diese nahmen sich heraus, diejenigen als Ketzer darzustellen

und zu behandeln, die gottlos genug waren, um etwas zu behaupten, was den Worten der Bibel so grade entgegen war, und daß es mit dem Worte Ketzer in damaligen Zeiten kein Spaß war, das ist Ihnen bekannt genug. — Glücklich sind wir, daß wir diesen Gewissenszwang nicht kennen, daß es uns frei steht, zu denken und zu sagen, was uns wahr scheint; möge diese heilige Freiheit nie wieder angetastet werden, möge nie mehr eine geistliche oder weltliche Macht sich das Recht anmaßen über die Gemüther zu herrschen! —

Von einigen andern Einwürfen, welche man gegen die Umdrehung der Erde gemacht hat, werde ich Sie das nächste Mal unterhalten.

Neun und zwanzigster Brief.

am 25. Jan.

Jede neue Lehre pflegt gewöhnlich Widerspruch zu finden, und Kenner, so wie Nichtkenner, lassen sich es gewöhnlich recht angelegen sein, Zweifel dagegen aufzuwerfen. So ging es also auch der Lehre von der Umdrehung der Erde, die freilich, als Copernicus sie wieder zu vertheidigen anfing, nicht ganz neu, sondern schon einigen unter den alten Griechen bekannt gewesen, seitdem aber in völlige Vergessenheit gekommen war, so daß sie mit eben so vielen Widerwärtigkeiten zu kämpfen hatte, als wenn sie erst jetzt zum ersten Male in der Welt erschienen wäre. Die Einwürfe, welche man gegen die Umdrehung der Erde machte, (so weit sie nämlich von verständigen Leuten herrührten, und nicht von unwissenden Mönchen, welche die Bibel für ein Lehrbuch der Astronomie hielten) beruhten vorzüglich darauf, daß man nicht begreifen konnte, daß die Erde bei ihrer Umdrehung allem was zu ihr gehört, eben die Geschwindigkeit ertheile, mit der die benachbarten Puncte der Oberfläche selbst fortrücken. Man

sagte z. B., wenn sich die Erde dreht, so rückt ja der Thurm, an dessen Westseite ich einen Stein herabfallen lasse, sehr schnell nach Osten, und der Stein wird also nicht in der Nähe des Thurmes bleiben; oder wenn ein Vogel von seinem Neste wegfliegt, so wird er es nach einer Stunde nicht wieder finden, weil es viele Meilen weit fortgeführt ist u. s. w. Ich würde es fast nicht einmal für nöthig halten, Ihnen die Widerlegung dieser Einwürfe umständlich mitzutheilen, wenn es bloß darauf ankäme, die Lehre von der Umdrehung der Erde zu rechtfertigen; aber die genauere Beleuchtung jener Einwürfe führt uns zu einigen so wichtigen Grundlehren der Mechanik, daß es Ihnen gewiß nicht unangenehm sein wird, diesen Untersuchungen einige Aufmerksamkeit geschenkt zu haben.

Man vergaß nämlich bei jenen Einwürfen den Grundsatz, daß ein Körper die ihm einmal mitgetheilte Bewegung immer behält, bis irgend eine Kraft sie ihm raubt, indem sie dieser Bewegung grade entgegen wirkt. Der Stein, den ich oben am Thurme in der Hand halte, wird mit dem Thurme und mit

mir fortgeführt, und indem ich meine Hand öffne, und ihn fallen lasse, ist nichts vorhanden, was diese Bewegung des Steines hemmet; folglich muß er noch immer dem Thurme folgen, weil seine seitwärts gerichtete Geschwindigkeit immer eben die bleibt, welche sie vorhin war, als ich ihn festhielt. Daß die Schwere ihn jetzt niederwärts treibt, das macht hierin weiter keine Aenderung, da die Bewegung seitwärts recht gut neben dem Fallen bestehen kann. Diese Sätze, welche einige noch nicht überzeugend fanden, bestätigte man unter andern durch folgende Erfahrung. Wenn ein Schiff ohne ungestüme Bewegung ganz gleichförmig fortgerudert wird, so kann ich im Schiffe Ball spielen, ohne an die Bewegung des Schiffes zu denken; mir scheint der senkrecht aufwärts geworfene Ball in derselben Verticallinie hinauf zu steigen und herab zu fallen, weil meine Hand und der Ball eine völlig gleiche horizontale Bewegung haben, und also der Ball immer genau über meiner Hand bleibt; sieht hingegen jemand am Ufer meinem Ballspiele zu, so bemerkt er, daß der Ball während seines Steigens und Sinkens zugleich so

viel seitwärts fortrückt, daß er immer über einerlei Stelle des Schiffes bleibt, und daß er also eine krumme Linie durchläuft, die mir bloß wegen meiner eigenen Bewegung als grade vorkömmt. Auf diesen sehr einfachen Grundsätzen beruhen alle die oft auffallenden Künste der Kunstreiter, welche, während sie auf einem galopirenden Pferde stehen, ihre Ballspiele und ähnliche Kunststücke eben so sicher ausführen als im Stillestehen. Die Sache beruht hier freilich auf einer großen Geschicklichkeit in der Erhaltung des Gleichgewichts, und in einer Fertigkeit, die mir und Ihnen nicht leicht erreichbar sein möchte; aber sobald sie es so weit gebracht haben, auf dem forteilenden Pferde jede Stellung mit eben der Sicherheit anzunehmen, wie auf ebenem Boden, so ist das Auffangen der Kugeln oder sonst das Treffen beim Sprunge u. s. w. nichts so sehr Auffallendes; denn Kugel und Hand haben auch hier einerlei Geschwindigkeit, und da das Pferd den allergleichförmigsten Galopp geht — denn dieses ist ein Haupterforderniß! — so bleiben Kugel und Hand immer in eben der Lage gegen einander, wie bei gleichem Wurfe im Stillestehen. — So

wenig also wie dem Reiter die Kugel verloren geht, weil er forteilt, eben so wenig können die Vögel ihre Nester verlieren, weil Vogel und Luft und Nest alle mit gleicher Geschwindigkeit fortgeführt werden, und alle die Gegend der Erde begleiten, bei welcher sie sich zuerst befanden. Ob auch die Luft und die Wolken, die in gar keinem Zusammenhange mit der Erde stehen, in dieser drehenden Bewegung dem Puncte der Erde folgen, über welchem sie sich befinden, das könnte vielleicht im ersten Augenblicke etwas zweifelhaft scheinen. Hätte die Erde bisher sich nicht um ihre Axe gedreht, sondern erhielte jetzt plötzlich diese Bewegung, so würde vermuthlich anfangs die Luft ruhig bleiben, also die Städte und Dörfer durch die ruhende Luft und unter den ruhenden Wolken hin mit heftiger Bewegung forteilen. Aber so wie im Wasser ein schnell fortbewegter Körper die nahe liegenden Wassertheilchen mit fortreißt, so würde auch die Oberfläche der Erde zuerst die nahe liegenden Lufttheilchen, und nach und nach in einer Art von Wirbel auch die entferntern mit fortreißen, bis endlich die ganze Atmosphäre dieselbe Umdrehung wie die Erde selbst ange-

nommen hätte, und es leidet gewiß keinen Zweifel, daß in dem Zeitraume von Jahrtausenden, seit welchem die Erde sich dreht, diese Bewegung sich ganz vollkommen der ganzen Atmosphäre mittheilen mußte.

Die Einwürfe gegen die Rotation der Erde lassen sich also völlig widerlegen, und da eine tägliche, so übereinstimmende Bewegung so vieler Weltkörper um uns herum, weit weniger wahrscheinlich ist, als die Umdrehung der einzigen Erde, durch welche eben die Erscheinungen können bewirkt werden, so verdiente, auch ohne weitere Bestätigung, diese Hypothese den Vorzug. Aber es fehlt nun auch nicht an noch auffallendern Bestätigungen. Zu diesen kann man schon die Beobachtung rechnen, daß auch andre Weltkörper eine solche Axendrehung haben. Bald nach der Entdeckung der Fernröhre, sobald diese nur einige Vollkommenheit erlangt hatten, richtete man seine Aufmerksamkeit auf die übrigen Planeten, man bemerkte Flecken auf ihrer Oberfläche, etwa so wie man sie mit bloßen Augen auf dem Monde sieht, und fand, daß diese Flecken durch eine periodische Umdrehung uns bald sichtbar, bald unsichtbar werden, und

ihre Stelle so verändern, wie es bei einer Rotation der Planeten der Fall sein muß, und so gelangte man durch den Augenschein zu der Ueberzeugung, daß jene Planeten sich um eine Axe drehen, und konnte nun mit Recht vermuthen, daß die Erde, welche ihnen in andern Stücken so ähnlich ist, es auch hierin sei.

Aber außer dieser Beobachtung giebt es noch zwei andre Untersuchungen, welche ganz gradezu zu dem Beweise leiten, daß die Erde sich um die Axe dreht. Eine dieser Untersuchungen will ich Ihnen noch heute bekannt machen, weil sie sich grade an das anschließt, womit ich Sie heute unterhalten habe. Sie erinnern sich vermuthlich noch der vielen Versuche, die unser Freund Benzenberg im Hamburger Michaelisthurme mit fallenden Kugeln anstellte, und vielleicht ist Ihnen auch der Zweck dieser Versuche bekannt, nämlich zu sehen, welchen Einfluß die Umdrehung der Erde auf das Fallen der Kugeln habe. Obgleich nämlich die Meinung der ältern Astronomen, als rücke der Thurm mit der sich drehenden Erde schnell fort, und lasse die Kugel in jeder Secunde

etwa 1000 Fuß hinter sich zurück, (denn so schnell rückt jeder Punct der Erde in unsrer Breite etwa fort), falsch ist, so hat doch die Umdrehung der Erde allerdings einen geringen Einfluß auf die Bewegung derjenigen Körper, welche von sehr großen Höhen fallen, und wirklich weicht der fallende Körper um etwas weniges von der genauen Verticallinie ab, welcher er folgen würde, wenn die Erde ruhte, — jedoch beträgt diese Abweichung keine Tausende von Fußen, sondern nur ein Paar Linien.

Um die Sache mehr zu erleichtern, wollen wir annehmen, der Thurm von dessen Spitze man die Kugeln herabfallen läßt, stehe auf dem Aequator der Erde, und sei von so ungeheurer Höhe, wie ihn die Zeichnung (Fig. 34) vorstellt, wo ACD die ganze Erde, und AB unsern hohen Thurm bedeutet. Da bekanntlich alle Körper vermöge der Schwere eine Neigung haben, grade gegen die Erde herabzufallen, so leidet es keinen Zweifel, daß eine in B losgelassene, genau runde Kugel völlig längst BA herunterfallen, und in A eintreffen würde, wenn die Erde in völliger Ruhe wäre,

und B A ein von B herabhängender, mit einem Gewichte beschwerter Faden oder die genaue Verticallinie wäre. Dreht sich nun die Erde um ihre Axe, und steht diese Axe, wie wir hier annehmen, auf unsrer Zeichnung senkrecht, weil unsre Zeichnung den Aequator der Erde vorstellen soll, so rückt, während die Kugel herabfällt, der Thurm nach CE, und der Punct, wo die Verticallinie eintrifft, oder wo die Kugel aufschlagen müßte, wenn die Erde ruhte, ist jetzt von A nach C gekommen. Ich will für die Fallzeit der Kugel oder für die Zeit, während welcher A nach C kömmt, 10 Secunden setzen, um mich kürzer auszudrücken. Da nun der Punct B in eben den 10 Secunden von B nach E kömmt, so hat B eine größere Geschwindigkeit als A, und eben die größre Geschwindigkeit hatte auch die Kugel, während sie in B festgehalten ward, und sie behält folglich auch während des Fallens diese Geschwindigkeit. Vermöge dieser der Kugel in B mitgetheilten Geschwindigkeit würde sie von B bis E in 10 Secunden fortrücken, wenn die Schwere nicht auf sie wirkte, und sie herunterzöge; aber diese horizontale Bewegung

wird durch die Schwere nicht aufgehoben, und die Kugel fliegt also in 10 Secunden oder während des ganzen Herabfallens um eine horizontale Entfernung, die so groß ist als BE, vorwärts, statt daß der Punct A um die geringere Entfernung AC fortrückt. Nimmt man also AF so groß als BE, so wird die Kugel ohngefähr in F niederfallen, also vor dem untern Theile des Thurmes etwas voraus eilen, weil ihre horizontale Schnelligkeit größer ist, als für jeden niedrigen Theil des Thurmes. Da die Bewegung der Erde von Westen nach Osten gerichtet ist, so würde hieraus folgen, daß die Kugel etwas ostwärts von dem Puncte niederfällt, den das niederhängende Loth als senkrecht unter dem Puncte B liegend bezeichnet. — Sie übersehen leicht, daß dieses Vorauseilen der Kugel bei einer Höhe von einigen hundert Fußen nur wenig betragen kann, und daß es in unsern Gegenden unbedeutender ist als am Aequator, weil am Pole diese Abweichung ganz wegfällt. Benzenberg fand bei seinen Versuchen wirklich, daß die Kugeln, statt alle dicht bei und rund um den Punct zu fallen, den das herabhängende Loth

bezeichnete, sich immer etwas östlich von diesem Puncte hielten. Freilich versteht es sich von selbst, daß selbst die aufs genaueste gearbeiteten Kugeln, wenn man sie auch mit aller Vorsicht herabfallen läßt, nicht alle völlig in einerlei Puncte auf die Erde treffen, sondern die eine einige Linien östlich, die andre westlicher fällt; aber dennoch war es deutlich zu bemerken, daß der Punct, an welchen die Kugeln sich am nächsten hielten, nicht vertical unter dem Aufhängepuncte, sondern einige Linien ostwärts lag, grade wie es sein muß, wenn die Erde sich drehet.

Ich darf meiner Feder nicht länger mehr freien Lauf lassen, da mein Brief ohnehin zu einer ungeheuern Länge anwächst, sonst würde ich Ihnen die Vorsichten noch erzählen, die Benzenberg anwandte, um die Kugel fallen zu lassen, während sie völlig stille hing. — Sie übersehen leicht, daß das kleinste Schwanken der Kugel im Augenblicke, da sie zu fallen anfing, schon eine unrichtige Seitenbewegung hervorgebracht hätte, und daß man daher den Augenblick des völligen Stillehängens abwarten, und die Kugel so leise loslassen mußte, daß auch

das Loslassen keine Verrückung hervorbrachte. — Aber so interessant die Betrachtung der großen, bei diesen Versuchen angewandten Sorgfalt in allen Stücken selbst auch Ihnen sein möchte: so darf ich mich doch nicht gar zu sehr von meinem Hauptgegenstande entfernen.

Dreißigster Brief.

am 30. Jan.

Sie werden vielleicht zürnen, meine liebe Freundinn, daß ich Sie noch einmal, und immer mit nichts anderm unterhalte als mit dem Beweise, daß die Erde sich um ihre Axe dreht. Ich weiß nicht, ob es ein Fehler, ob es wirklich die den deutschen Gelehrten so oft Schuld gegebene pedantische Gründlichkeit ist, aber es ist einmal meine Sitte, einen Gegenstand nicht eher zu verlassen, bis ich ihn von allen Seiten beleuchtet habe, und ihn ganz übersehe, und hiervon ist es denn eine natürliche Folge, daß ich auch meine liebe Schülerinn nicht wohl eher entlassen kann, bis ich ihr alles mitgetheilt habe,

was sich über diesen Gegenstand wissenswürdiges sagen läßt, und bis ich überzeugt bin, daß Ihnen so leicht kein Zweifel übrig bleiben kann. Ob ich hierin einen Fehler begehe, ob ich nämlich für Ihre Zwecke vielleicht zu ängstlich gründlich bin, darüber kann ich selbst nicht entscheiden; so viel aber weiß ich, daß ich für mich selbst diese Furcht vor der Seichtigkeit sehr heilsam gefunden habe. Indeß, wie dem auch sei, für heute müssen Sie mir meinen Willen lassen, und ich hoffe, es wird Sie auch nicht gereuen, da der Gegenstand, zu dem wir jetzt kommen, nicht zu den uninteressantesten gehört.

Es wird Ihnen vielleicht auffallend scheinen, wenn ich Ihnen sage, einer der wichtigsten Beweise für die Umdrehung der Erde liege in der an den Polen abgeplatteten Figur der Erde; und doch verhält sich dieses wirklich so, und Sie werden auch die Möglichkeit eines solchen Beweises einsehen, wenn Sie daran denken, daß die Umdrehung der Erde den am Aequator befindlichen Theilchen ihrer Oberfläche einen viel größern Schwung ertheilt, als denen in der Nähe des Poles.

Ich habe Sie schon oft auf die Richtung der Verticallinien, welche in jedem Puncte der Erde auf ihrer Oberfläche senkrecht stehen, aufmerksam gemacht; und da alle fallende Körper nach der Richtung der Verticallinie herabfallen, so bedarf es eben keines langen Beweises, um einzusehen, daß ein jeder Körper genau gegen den Mittelpunct der Erde herabfallen würde, wenn die Erde eine genaue Kugel wäre. Wir wollen uns einmal die Erde als ruhend und als kugelförmig denken, dann würden die Wirkungen der Schwere völlig das Ansehen haben, als ob der Mittelpunct der Erde eine Kraft besäße, um alle Körper zu sich hin zu ziehen, und diese Kraft würde in jedem Puncte der Erd-Oberfläche gleich groß erscheinen. Es läßt sich leicht beweisen, daß die Erde, wenn sie auch ganz flüssig wäre, und also jede Gestalt annehmen könnte, dennoch die kugelförmige Gestalt behalten müßte, wenn wirklich der Mittelpunct der Erde jene anziehende Kraft besäße, und diese auf jeden Punct der Oberfläche mit gleicher Stärke äußerte; denn, obgleich jedes Theilchen ein Bestreben hat, sich dem Mittelpuncte der Erde zu nähern, so kann es doch nicht näher

zum Mittelpuncte gelangen, ohne andre Theilchen zu verdrängen, und wenn (Fig. 35) bei a ein Theilchen der Oberfläche sich dem Mittelpuncte näherte, so würden die verdrängten Theilchen in der Nähe aufsteigen müssen, welches denn der Oberfläche eine Gestalt wie b c d geben würde, die offenbar mit dem Gleichgewichte nicht bestehen kann.

Dieses alles leidet aber einige Aenderung, wenn sich die Erde um ihre Axe dreht. Wenn ich eine kleine Kugel an einem Faden im Kreise herumschwinge, so zeigt diese ein Bestreben, sich von dem Puncte, um welchen ich sie herumschwinge, zu entfernen, und wenn ich den Faden los lasse, so wird sie wirklich fortgeschleudert. Dieses Bestreben, sich von dem Mittelpuncte zu entfernen, oder die Schwungkraft, nimmt zu bei größerer Geschwindigkeit des Schwunges, und es lassen sich auch ziemlich leicht die Regeln bestimmen, wie sie sich ändert, wenn der Halbmesser des Kreises, welchen der Körper durchläuft, und wenn die Geschwindigkeit des Körpers sich ändert. Doch das geht uns so sehr nicht an, da wir hier nur im Allgemeinen zu wissen brauchen, daß auf der sich

drehenden Erde die Schwungkraft an der Oberfläche am Aequator größer ist als anderswo.

Dreht sich also die kugelförmige Erde ABCD (Fig. 37) um die Axe BD, so wird wegen der Schwungkraft die Neigung, vermöge welcher die Theilchen in A und C sich dem Mittelpuncte zu nähern streben, sehr vermindert; diese Verminderung findet dagegen in der Nähe der Axe bei B und D nicht Statt. Wäre die Schwere oder das Bestreben, sich dem Mittelpuncte zu nähern, sehr schwach, so würden die Theilchen am Aequator wegen der Schwungkraft ganz wegfliegen, und also wird auch jetzt wenigstens die Erde sich bei A und C weiter ausdehnen, und hingegen bei B und D zusammenfallen, wenn die Flüssigkeit der ganzen Erdmasse, die wir noch immer voraussetzen, dies erlaubt. Offenbar nämlich findet jetzt auf der Oberfläche der Kugel nicht die vollkommene Gleichheit des Druckes Statt, wie auf der ruhenden Erde, und die Theilchen in der Gegend von B und D, welche stärker als alle übrigen gegen den Mittelpunct gezogen werden, folgen diesem Zuge, und drängen die weniger angezogenen Theilchen vorzüglich bei A und C so lange

nach außen, bis die veränderte Gestalt jenen ungleichen Kräften gemäß ist.

Man kann sich diese Aenderung der Gestalt auch noch durch folgende Betrachtung erklären. Ginge (Fig. 37) vom Pole der kugelförmigen Erde bis an ihren Mittelpunct eine Röhre BE, und vom Mittelpuncte in der Ebene des Aequators eine andre mit jener verbundne Röhre EC bis an die Oberfläche: so würde, wenn diese ganze Röhre mit Wasser gefüllt wäre, auf der ruhenden Erde das Wasser in derselben in Ruhe bleiben, wenn es in beiden Armen sich bis zu gleichen Entfernungen vom Mittelpuncte erstreckte. Dreht sich hingegen die Erde um die Axe BD, so vermindert sich, wegen der Schwungkraft, in der Röhre EC der Druck gegen E zu, welcher in der Röhre EB ungeändert bleibt, und es wird sich daher aus dieser Röhre etwas Wasser in jene Röhre hinüberziehen, bis (so wie in Fig. 36) die Wassermasse in der Röhre EC so vermehrt ist, daß der Druck von beiden Seiten her in E gleich groß wird. Denn obgleich das gegen C hin gedrängte Wasser durch die Schwungkraft etwas von seiner Schwere ver-

verliert, so hört es doch darum nicht ganz auf, gegen E hin zu drücken, und wenn EF so lang als EB ist, so ersetzt der Druck von FC das, was die Schwungkraft dem Drucke des Wassers in EF raubt; es wird folglich bei einer bestimmten Schnelligkeit der Umdrehung eine bestimmte Verlängerung dieser Wassermasse, oder eine bestimmte Abplattung der Erde nöthig sein, um das Gleichgewicht herzustellen.

Die Erde ist nun zwar nicht ganz flüssig, aber offenbar muß doch wenigstens die ungeheure Wassermasse der Meere durch die Umdrehung der Erde diese abgeplattete Gestalt annehmen, und da die Messungen auf der Erde zeigen, daß auch das feste Land eine solche abgeplattete Gestalt hat, so kann man mit großer Wahrscheinlichkeit vermuthen, daß das jetzige feste Land ehemals auch weich oder flüssig gewesen sei, und deswegen die Form angenommen habe, welche für das Gleichgewicht flüssiger Körper paßt. Das aber erhellet auf alle Fälle, daß diese Abplattung der Erde eine Folge der Umdrehung und mithin ein klarer Beweis für diese ist; und dieser schon

für sich einleuchtende Satz wird noch durch die Beobachtung bestätiget, daß auch die Planeten, deren Umdrehung wir deutlich sehen, eine an den Polen abgeplattete Gestalt haben, und daß diese Abplattung beim Jupiter, welcher sich sehr schnell um seine Axe dreht, sehr erheblich und auffallend ist. Wir dürfen also nunmehr den Satz, daß die Erde sich um eine unveränderliche Axe dreht, als ganz gewiß annehmen, und wissen dann zugleich auch, daß diese Axe, welche in Rücksicht auf die Erde selbst immer dieselbe bleibt, auch von einem Tage zum andern ihre Richtung gegen einerlei Stern hin, nämlich gegen den Punct zu, welchen man den Pol des Himmels nennt, behält. — Von einem Tage zum andern sage ich, denn von Jahr zu Jahr darf ich nicht sagen. Ich weiß nicht, ob Sie sich dessen noch erinnern, was ich Ihnen vor geraumer Zeit über das scheinbare Zurückgehen des Nachtgleichen-Punctes, und die damit in Verbindung stehende etwas veränderliche Lage des Poles der Himmelskugel sagte. Diese scheinbare Verrückung des Himmelspoles hat darin ihren Grund, daß die Axe der Erde, und mit ihr die ganze Erde ihre Stellung gegen die

Sterne allmählig um etwas weniges ändert. Diese Aenderung ist zwar in einigen Jahren eben nicht merklich, aber sie wird im Laufe der Jahrtausende merklich, und es ist den Astronomen gelungen, die Regel, nach welcher sie sich richtet, zu entdecken; ja auch die Ursache, welche die regelmäßige Aenderung in der Stellung der Erde bewirkt, hat man aufgefunden. — Doch es ist noch zu früh, hierüber etwas mehr zu sagen; für jetzt können wir noch die Axe der Erde als unwandelbar nach einerlei Puncte des Himmels gerichtet ansehen, ohne auf diese kleinen Variationeu Rücksicht zu nehmen.

Ein und dreißigster Brief.

am 2. Febr.

Ich hätte es wohl vermuthen sollen, daß die Kraft, mit welcher der Mittelpunct der Erde alle Körper zu sich hin zieht, Ihnen räthselhaft vorkommen würde, und daß Sie vielleicht die Frage aufwerfen würden, ob denn wirklich dieser Punct ein so sonderbares Vermögen vor-

zugsweise vor allen andern Körpern oder Puncten in der Welt besitze. Diese Frage ist in der That von keiner geringen Wichtigkeit, und ihre Beantwortung wird uns weiter führen, als Sie vielleicht vermuthen. Die ganz kurze Antwort auf diese Frage ist, daß der Mittelpunct der Erde nicht allein diese anziehende Kraft besitze, sondern daß jeder Körper, nur nach Verhältniß seiner Kleinheit in geringerm Maaße, damit begabt ist. Aber warum befolgen denn die Körper auf der Erde bei ihrem Fallen grade alle die Richtung nach dem Mittelpuncte, wenn doch nicht dieser allein es ist, welcher anziehend auf sie wirkt? diese Frage ist nicht schwer zu beantworten. Da die Erde beinahe eine Kugel ist, so wird ein Körper in F (Fig. 37) zwar von den Theilchen in G und in H seitwärts gezogen, aber dieser Zug nach den Seiten ist von allen Seiten her gleich, und der Körper F kann also weder nach H noch nach G zu gehen, sondern folgt dem mittleren Zuge aller Kräfte, welcher bei der Kugel nach dem Mittelpuncte zu gerichtet ist.

Was das eigentlich für eine Kraft ist, vermöge welcher alle Theilchen der Körper ein

Bestreben haben, sich einander zu nähern, darüber läßt sich schwerlich etwas Genaueres sagen, und unsre Forschungen scheinen hier ihre Grenze erreicht zu haben; daß es aber eine solche Kraft giebt, die wir nicht anders als eine anziehende Kraft benennen können, zeigt sich in manchen Erscheinungen deutlich. Eine dieser Erscheinungen ist das Aufsteigen des Wassers in sehr engen Röhren. Taucht man nämlich ein sehr enges Glasröhrchen, das an beiden Enden offen ist, in Wasser, so steigt das Wasser in dem Röhrchen zu einer größern Höhe, als die es außerhalb der Röhre hat. Dieses höhere Steigen rührt von nichts anderm her, als von einer anziehenden Kraft, welche die Röhre auf die sie unmittelbar berührenden Wassertheilchen ausübt, und vermöge welcher sie diese zu einer größern Höhe hebt. In einer weiten Röhre kann diese Erhebung des Wassers in der Röhre nicht merklich werden, weil die Wassermasse, welche gehoben werden müßte, zu groß in Vergleichung der wenigen Theilchen ist, auf welche die Röhre ihre anziehende Kraft äußern kann, denn man kann aus allen Umständen schließen, daß diese Kraft nur in höchst kleinen Entfernungen noch

merklich wirkt; daher steht das Wasser in der Mitte einer weiten Glasröhre nicht höher als in dem Gefäße, in welches die offene Röhre eingetaucht ist, und jene anziehende Kraft äußert sich bloß dadurch, daß das Wasser an den Wänden der Röhre um etwas weniges höher steht, als in einiger Entfernung von denselben. So angenehm es für mich sein würde, Sie von den sehr interessanten Erscheinungen zu unterhalten, welche auf diese Weise durch anziehende Kräfte hervorgebracht werden: so würde es mich doch hier zu weit von der Hauptsache entfernen, wenn ich länger dabei verweilen wollte, und ich muß daher diese Untersuchung abbrechen.

Man hat sich aber auch durch andre Beobachtungen überzeugt, daß wirklich die einzelnen Theile der Erde eine anziehende Kraft ausüben. Ist nämlich dieses der Fall, so muß, wenn A B ein Theil von der kugelförmigen Erdoberfläche, und D ein einzeln stehender, bedeutender Berg ist, ein in C herabhängendes Loth sich etwas mehr gegen den Berg hinziehen, als geschehen würde, wenn der Berg nicht da wäre, und eben eine solche Annäherung der Verticallinie gegen den Berg hin wird in E nach der entgegengesetzten Richtung

Statt finden. Die Verrückung des Zeniths, welche sonst für diese beiden Orte nur so viel betragen würde, als die Abweichung der Linien FC, EG von einander angiebt, wird also jetzt mehr betragen, weil man nach Angabe des am Faden herabhängenden Gewichtes in C die Linie CH, und in E die Linie EI als nach dem Zenith gerichtet ansehen wird. — Wirklich hat man solche Beobachtungen an beiden Seiten eines einzeln stehenden Gebirges (des Berges Shehallien in Schottland) angestellt, und den Unterschied in der Richtung der Verticallinien größer gefunden, als es für die Entfernung beider Standpuncte von einander, nach Maaßgabe der bekannten Krümmung der Erde, sein konnte; und daraus schloß man mit Recht, daß der Berg eine anziehende Kraft gegen das herabhängende Gewicht äußere.

Diese und noch mehr andre Beweise berechtigen zu der Annahme des Satzes, daß jeder Theil der Erde dazu beiträgt, die Körper gegen die Erde herabzuziehen, und die Erscheinungen zu bewirken, die wir als Wirkungen der Schwerkraft auch in der täglichen Erfahrung kennen lernen. Aber da die Summe aller jener einzel-

nen Kräfte eine auf der Kugel völlig, und auf der abgeplatteten Erde doch beinahe nach dem Mittelpuncte gerichtete Kraft hervorbringt: so kann es mir wohl auch in der Folge zuweilen begegnen, daß ich den Mittelpunct der Erde als den Punct nenne, welcher alle Körper zu sich hinzieht, und Sie werden nach diesen Erörterungen nun keinen Anstoß in einem solchen Ausdrucke finden.

Da diese anziehende Kraft nicht wie ein Stoß bloß in dem Augenblicke auf den Körper wirkt, da er zu fallen anfängt, sondern ihn auch nachher noch immer aufs neue niederwärts treibt: so wird die Geschwindigkeit eines fallenden Körpers immer schneller, je größer die Höhe ist, von der er schon ohne Hinderniß herabgefallen ist. Einige Körper scheinen freilich eine Ausnahme von diesem Gesetze zu machen, denn eine Feder zum Beispiel fällt immer gleich langsam, sie mag 10 oder 100 Fuß tief gefallen sein; aber dieses rührt offenbar davon her, weil so leichte Körper in der Luft zuviel Widerstand finden, und also nicht die Geschwindigkeit erlangen können, welche sie ohne diesen Widerstand erreichen würden. Eigentlich müßten wir

also nur von Körpern reden, die in einem von Luft leeren Raume fallen, und folglich keinen Widerstand leiden, und nur auf diese bezieht sich das, was ich jetzt sagen werde, in völliger Strenge; indeß bei Bleikugeln und andern Körpern, die an sich sehr schwer sind, beträgt dieser Widerstand wenig, so daß für diese ziemlich die Regeln passen, welche genau richtig sein würden, wenn der Widerstand ganz wegfiele. — — — — Die frei fallenden Körper erlangen also eine immer schnellere Bewegung, je tiefer sie fallen, und die Erfahrung zeigt, daß die Geschwindigkeit in eben dem Verhältnisse zunimmt, wie die Zeit, die während des Falles schon verflossen ist, so daß ein Körper, der von einer großen Höhe herabfällt, am Ende der ersten Secunde sich halb so schnell bewegt, als am Ende der zweiten Secunde u. s. w. Vermöge dieser zunehmenden Geschwindigkeit ist der Raum, welchen der Körper in der zweiten Secunde wirklich zurücklegt, sehr viel größer als der in der ersten Secunde durchlaufene; denn beim allerersten Anfange der Bewegung ist diese sehr langsam, und z. B. am Ende der ersten Viertelsecunde vier mal so langsam als am Ende

der ersten Secunde, und so geht es auch in der Folge. Eine kleine Zahlenrechnung, womit ich Sie gern einige Augenblicke unterhielte, wenn ich nicht des alten Vertrags, Sie mit aller Rechnerei zu verschonen, eingedenk bliebe, zeigt, daß die Höhe, welche ein frei fallender, durch den Widerstand der Luft nicht gehinderter Körper durchläuft, in den zwei ersten Secunden vier mal so viel als in der ersten Secunde beträgt, in den drei ersten Secunden neun mal so viel als in der ersten Sec. u. s. w., und man findet daher, daß ein solcher Körper, weil er in 1 Secunde von einer Höhe von 16 Fußen herabfällt, in 2 Secunden von einer Höhe von 64 Fußen (nämlich 4 mal 16), in 3 Secunden von 144 (9 mal 16) Fuß, in 4 Secunden von 256 Fuß Höhe (16 mal 16 Fuß) herunter kömmt. *)

*) Erfahrungen, deren genaue Erklärung nicht hierher gehört, zeigen, daß ein frei fallender Körper sich am Ende der ersten Viertelsecunde so schnell bewegt, daß er jetzt 2 Fuß in der nächsten Viertelsec. durchlaufen würde, wenn seine Schnelligkeit nun nicht mehr zunähme. Diese Geschwindigkeit hatte er aber nicht vom Anfange der Bewegung an, und daher

Die Regel, nach welcher man überhaupt den Raum bestimmt, den ein frei fallender

beträgt sein ganzer Fall in der ersten Viertelsecunde nicht 2 Fuß, sondern nur 1 Fuß. Im Anfange der zweiten Viertelsec. bewegt er sich so schnell, daß er mit dieser Geschwindigkeit 2 Fuß in der Viertelsec. durchlief, aber wegen der zunehmenden Geschwindigkeit, die am Ende der zweiten Viertelsec. doppelt so groß ist, durchläuft er wirklich 3 Fuß, welches das Mittel zwischen den am Anfange und am Ende der Viertelsec. erlangten Geschwindigkeit ist. Im Anfange der dritten Viertelsec. hat er eine Geschwindigkeit, die ihn durch 4 Fuß in der Viertelsec. führen würde, wenn sie nicht zunähme, sie nimmt aber so zu, daß am Ende dieser Viertelsec. die Geschwindigkeit schon 6 beträgt; — er durchläuft also 5 Fuß in dem dritten Viertel der ersten Secunde. Für die vierte Viertelsec. sind die Geschwindigkeiten im Anfange 6 Fuß, am Ende 8 Fuß in 1 Viertelsec., er durchläuft also 7 Fuß. Mithin ist sein Weg in der ersten Secunde, die Summe von 1, 3, 5, 7 das ist = 16 Fuß.

Ferner ist: Geschw. am Anfang der 5ten Viertelsec. = 8, am Ende = 10, und er durchläuft 9 Fuß; Geschw. am Anf. der 6ten Viertelsec. = 10, am Ende = 12, und er durchläuft 11 Fuß; Geschw. am Anf. der 7ten Viertelsec. = 12, am Ende = 14, also sein Weg 13 Fuß; Geschw. am Anf. der 8ten Viertelsec. = 14, am Ende = 16, also sein durchlaufner

Körper in einer gewissen Zeit durchläuft, ist, wenn man den in der ersten Secunde zurückgelegten Raum als bekannt annimmt, folgende: Man multiplicirt die Secundenzahl, welche die Dauer des Falles anzeigt, mit sich selbst und mit dem Fallraume in der ersten Secunde, so hat man den Fallraum in jener Secundenzahl. Hiernach ist es nun leicht, auf einer graden Linie die Räume verhältnißmäßig zu zeichnen, die ein fallender Körper in zwei, drei, vier Secunden zurücklegt. Stellt nämlich (Fig. 39) AB den Fallraum in 1 Secunde vor und AC den Fallraum in 2 Secunden: so ist AC 2 mal 2, das ist 4 mal so groß als AB, und eben so für 3 Secunden AD 3 mal 3, das ist neun mal so groß als AB, und für 4 Secunden AE 4 mal 4, das ist 16 mal so groß als AB u. s. w.

Diese Bewegung der fallenden Körper geschieht also mit beschleunigter oder immer wachsender Geschwindigkeit, die Bewegung eines

Weg 15 Fuß. Der Körper hat also in 2 Secunden zurückgelegt, 16, 9, 11, 13 und 15 Fuß, das ist 64 Fuß.

vertical aufwärts geworfnen Körpers hingegen wird verzögert, oder sein Steigen immer langsamer, bis er endlich zurückzufallen anfängt. Diese Verzögerung geschieht grade nach dem umgekehrten Gesetze wie jene Beschleunigung, nämlich so: wenn ein Körper so aufwärts geworfen wird, daß er in der ersten Secunde (Fig. 39) von E bis D steigt, so steigt er in der zweiten Secunde bis C, in der dritten bis B, in der vierten bis A, dann fängt er wieder an zu fallen, und kömmt am Ende der 8ten Secunde wieder zur Erde. Aus dem Vorigen übersehen Sie, daß bei einer bestimmten Fallhöhe der Körper eine gewisse Geschwindigkeit am Ende des Falles erlangt; und wenn man nun mit eben dieser Geschwindigkeit einen Körper senkrecht aufwärts wirft, so steigt er zu eben der Höhe, von welcher jener herabgefallen war. Der Widerstand der Luft bringt zwar, besonders bei schnellen Bewegungen hierin eine sehr erhebliche Aenderung hervor, und eine vertical aufwärts geschossene Canonenkugel schlägt beim Niederfallen lange nicht mit der Geschwindigkeit auf die Erde, als mit welcher sie abgeschossen ward; aber dieses geht uns hier

weniger an, und es ist genug, dies nur obenhin zu erwähnen.

Aber, werden Sie fragen, was hat denn die Bewegung fallender Körper mit der Astronomie zu thun? — Ich kann heute nichts thun, als hierauf mit wichtiger Miene antworten: viel! sehr viel! — und hoffe hierdurch Ihre Erwartung nicht viel weniger zu spannen, als die Romanschreiber es zu thun suchen, wenn sie ihren Helden am Ende des ersten Bandes in den allerdesperatesten Umständen verlassen, damit die Leser recht eilig nach dem zweiten Bande greifen sollen. — Doch, so groß wird Ihre ungeduldige Erwartung auf den nächsten Brief wohl nicht sein, der uns den astronomischen Gegenständen wieder näher bringen soll.

Zwei und dreißigster Brief.

am 10. Febr.

Mit langsamen Schritten nähern wir uns dem Ziele, und ich weiß noch nicht, ob wir schon heute dahin gelangen, den Zusammenhang jener mechanischen Lehren mit der Astronomie ganz zu übersehen; wenigstens aber werden Sie doch sehr bald einigermaßen bemerken, wohin unser Weg geht. — Unsre nächste Untersuchung betrifft die Bahn geworfener Körper, wobei wir aber wieder auf den Widerstand, welchen die Luft der Bewegung entgegensetzt, keine Rücksicht nehmen, weil dieser Widerstand bei den Bewegungen, worauf wir zuletzt zu kommen gedenken, nämlich bei den Bewegungen der Planeten, gar nicht Statt findet.

Stellen Sie sich vor, es werde (Fig. 40) von einer Anhöhe in A eine Kugel genau horizontal geworfen, so würde diese beständig mit gleicher Geschwindigkeit nach der horizontalen Richtung AB fortgehen, wenn die Schwere nicht auf sie wirkte. Ich weiß nicht, ob es Ihnen auch so gehen wird, wie es zuweilen denen geht, die mit diesen Lehren noch nicht

vertraut sind, daß sie zweifeln, ob die Geschwindigkeit der Kugel immer unveränderlich bleiben würde, wenn keine Schwere und auch sonst kein Widerstand auf sie wirkte; indeß um meine bekannte Gründlichkeit bei Ehren zu erhalten, muß ich wohl diesem Zweifel begegnen, ehe Sie ihn noch aufwerfen. Dieser Zweifel rührt davon her, weil die meisten Bewegungen, die wir an irdischen Körpern wahrnehmen, allmählig langsamer werden, und endlich ganz aufhören, ohne daß uns eine Kraft, die dieses bewirkt, sonderlich merklich ist. Aber man vergißt hierbei, daß eine Kugel, die ich, selbst auf dem glattesten Boden, hinrolle, doch immer einige Reibung leidet, welche als eine der ursprünglichen Bewegung grade entgegengesetzte Kraft wirkt, und diese allmählig aufhebt, daß hingegen da, wo gar keine solche Kräfte vorkommen, wo nichts der Bewegung widersteht, nothwendig die Bewegung unveränderlich fortdauern muß, weil gar nichts da ist, was eine Aenderung bewirken könnte. Wenn man dieses recht überlegt, so kann man wohl kein Bedenken tragen, den mechanischen Grundsatz als wahr anzunehmen, daß ein Körper, auf den keine neuen Kräfte einwirken,

immer

immer fortfährt, nach einerlei Richtung, und mit der ihm einmal mitgetheilten Geschwindigkeit immer auf gleiche Weise fortzugehen. Wirket eine Kraft auf den Körper nach einer Richtung, die senkrecht auf die grade Linie ist, nach welcher er so eben fortging, so lenkt diese Kraft ihn von der graden Linie ab, die vorhin die Richtung seiner Bewegung bezeichnete, aber sie kann diese Bewegung selbst nicht eigentlich aufhalten. Doch dieses kann ich an unserm Exempel am besten erläutern, ich kehre also zu demselben zurück.

Während die Kugel im Begriff ist, von A nach B horizontal fortzugehen, wirkt die Schwere auf sie, und zieht sie allmählig niederwärts, wodurch sie genöthiget wird, von A an schief niederwärts zu gehen, in einer Bahn, deren genaue Gestalt sich leicht bestimmen läßt. Da die nach verticaler Richtung wirkende Schwere gar nicht dazu beitragen kann, die horizontale Geschwindigkeit der Kugel zu vermehren oder zu vermindern: so kömmt die Kugel in einer gewissen Zeit eben so weit nach horizontaler Richtung gegen B zu vorwärts, als wenn die Schwere gar nicht wirkte, aber sie fällt zugleich unterhalb der Linie AB so viel herab, als ein sonst

frei fallender Körper durch die Schwere niederwärts getrieben wird. Lassen Sie uns einmal auf der verticalen Linie AE die Räume bezeichnen, die ein nicht geworfner, sondern in A ruhig gehaltner Körper durchläuft, wenn man ihn von A aus fallen läßt; AC soll den Fallraum für die erste Secunde vorstellen, dann ist D der Punct, wo er am Ende der zweiten Secunde, und E der Ort, wo er am Ende der dritten Secunde einträfe. Eben so können F, G, B die Stellen bezeichnen, wohin der horizontal geworfne Körper am Ende der ersten, zweiten, dritten Secunde gelangen würde, und es ist nun leicht, die Stelle zu bestimmen, wo der Körper sich am Ende dieser Zeiträume wirklich befinden wird; denn man hat nur nöthig, auf den von F, G, B vertical herunter gezognen Linien FH so groß als den Fallraum in 1 Secunde, GI so groß als den Fallraum in 2 Secunden, BK so groß als den Fallraum in 3 Secunden zu nehmen, dann sind H, I, K die Puncte, wo die Kugel sich am Ende der ersten, zweiten, dritten Secunde befindet, und wenn man mehrere Puncte nach eben der Regel bestimmte, so würde man AHIK als die Bahn

der Kugel finden. Wäre der anfängliche Wurf schwächer gewesen, so daß die Kugel nur bis f in 1 Secunde hätte kommen können, wenn die Schwere sie nicht herabzöge, so kömmt sie in 4 Secunden nur bis senkrecht unter G vorwärts, und Ahik ist die Bahn der Kugel, die sich nach derselben Regel auch weiter fortzeichnen ließe.

Der glückliche Erfolg unserer Bemühung, die Bahn eines geworfenen Körpers in dem Falle zu bestimmen, da der erste Wurf horizontal war, darf uns, dünkt mich, aufmuntern, die allgemeinere Untersuchung für jede andre Richtung des Wurfes zu wagen. Es sei also (Fig. 41) ein Körper nach der schiefen Richtung AB aufwärts geworfen, und zwar so schnell, daß er in 1 Secunde nach C, in 2 Secunden nach D u. s. w. kommen würde, wenn die Schwere ihn nicht herabzöge. Aus dem Vorigen werden Sie sich leicht überzeugen, daß, wenn wir den Fallraum in der ersten Secunde eben so groß zeichnen als in Fig. 40, und CG dem Fallraume in der ersten Secunde, DH dem Fallraume in der zweiten, EI dem in der dritten Secunde gleich machen, AGHIK die

Bahn des Körpers sein wird. Eben so ist Agh die Bahn eines Körpers, der mit geringerer Geschwindigkeit, so daß er in den zwei ersten Secunden bis C kommen würde, nach eben der anfänglichen Richtung wie der vorige geworfen ist. Und so würde man die Bahn des Körpers für jede Stärke und Richtung des anfänglichen Wurfes bestimmen können.

Wir setzten hierbei immer voraus, daß die Richtungen, nach welchen die Schwere auf den geworfenen Körper wirkt, immer gleichlaufend blieben, oder daß die Krümmung der Erde auf die Entfernung von A bis B nicht merklich sei. (Fig. 40.) Diese Voraussetzung gilt auch für alle Entfernungen, auf welche wir Körper mit unsern Kräften zu werfen, und selbst mit unsern Canonen zu schießen im Stande sind, und für alle solche geworfene Körper würde die Bestimmung der Wurflinie nach den vorigen Regeln ganz genau richtig sein, wenn nicht der Widerstand der Luft, welcher besonders bei sehr schnellen Bewegungen ansehnlich wird, eine Aenderung hervorbrächte, die ich indeß hier nicht näher erwägen will. Obgleich wir aber bei Körpern, die auf der Erde geworfen werden,

nicht darauf Rücksicht zu nehmen brauchen, daß die Erde eine Kugel ist, und die Richtungen der Schwere gegen den Mittelpunct der Erde zusammen laufen: so ist es doch nicht überflüssig, die Untersuchung auch auf diesen Fall anzuwenden, weil wir bald den Mond auch als einen geworfenen Körper betrachten werden, auf den die Schwere wirkt. Um diese Untersuchung vorzubereiten, muß ich Sie noch einmal zu der vorhin betrachteten Bahn der geworfenen Körper zurückführen. —

Unsre vorige Bestimmung dieser Bahn kömmt eigentlich darauf hinaus, daß wir uns vorstellten, der Körper werde (Fig. 40) von A aus zuerst horizontal fortbewegt, und falle dann, wenn er z. B. in 2 Secunden bis G gekommen ist, auf einmal soviel herab, als dieser Fallzeit von 2 Secunden angemessen ist; wir betrachteten nämlich den horizontalen Fortgang und das verticale Herabsinken jedes abgesondert, und daß wir dies thun durften, hatte darin seinen Grund, weil die Richtung, nach welcher die Schwere wirkt, immer dieselbe blieb, oder die Linien FH, GI, BK gleichlaufend waren. Ganz anders aber verhält es sich, wenn die

Richtung der Kraft, welche den Körper von der anfänglichen Richtung ablenkt, in A anders als in F, und in G wieder anders ist, oder wenn die Richtung jener Kraft von A an unaufhörlich in unmerklichen Abstufungen sich ändert; dann ist es nöthig, die Bewegung für jedes so kleine Stück der Bahn, daß man die Aenderung in der Richtung der Kraft als für dieses Stück unmerklich ansehen könne, besonders zu suchen. Ich will dieses an den Beispielen, mit denen Sie schon bekannt sind, erklären, um mir den Uebergang zu den Fällen, wo wir dieser Betrachtung eigentlich bedürfen, zu erleichtern.

In der Zeichnung (Fig. 40) war der Körper in 1 Secunde von A bis H gekommen, und wenn hier die Schwere aufgehört hätte, auf ihn zu wirken, so würde er von H an grade fort nach der Richtung gegangen sein, die er eben in H hatte, das ist nach HL, weil die Kraft nicht mehr als wirkend angenommen wird, die eine Aenderung in der Richtung oder eine Krümmung der Bahn bewirkte. Er würde in der zweiten Secunde bis nach L kommen, weil seine horizontale Geschwindigkeit durch die in der ersten Secunde

Statt findende Wirkung der Schwere keine Aenderung gelitten hatte, also der Körper bis senkrecht unter G hinkommen mußte, wenn AF und FG gleich groß sind. Aber es wirkt nun auch während der zweiten Secunde die Schwere, und zieht den Körper, den wir jetzt als von H aus geworfen betrachten, eine ganze Secunde lang, das ist durch einen Raum, der AC gleich ist, herunter, und dieser Raum ist mit LI einerlei, so daß die wirkliche Bahn des Körpers durch I geht. — Fangen wir in I wieder die Betrachtung von neuem an, und setzen zuerst voraus, die Schwere höre hier auf zu wirken, so geht der Körper nach der in I erlangten Richtung IM, und zwar bis an M so weit fort, daß sein horizontaler Fortgang so viel beträgt, als in jeder der beiden ersten Secunden; gehen wir aber zur richtigen Voraussetzung über, daß die Schwere ihn auch in dieser Secunde herabziehe, so wissen wir, daß er in dieser einen Secunde wieder so viel als AC beträgt, unterhalb IM herabfällt, und also nach K kömmt. Diese Betrachtung unterscheidet sich von der vorigen nur dadurch, daß wir am Ende jedes Zeit-

raumes die Richtung und den Raum bestimmen, nach welcher und durch welchen der Körper bloß wegen der ihm bis dahin mitgetheilten Bewegung fortrücken würde, wenn die Kräfte, die seine Bewegung ändern, jetzt zu wirken aufhörten, und daß wir dann die Wirkung dieser Kräfte für den neuen Zeitraum, z. B. hier für 1 Secunde, besonders betrachten, und ihn gleichsam auf einmal von M nach K herabrücken, statt daß die Schwere dies während der ganzen Secunde allmählig thut. Dasjenige, was hier die Schwere in den vorhergehenden Secunden bewirkt hatte, das lag schon bei der Bestimmung der Richtung und Länge der Linie IM zum Grunde, und wir durften also nur die Erniedrigung besonders hinzufügen, welche durch die fortdauernde Wirkung der Schwere in der letzten Secunde hervorgebracht ward. — Warum wir in den Fällen, zu denen wir jetzt kommen, diese Zertheilung der Bahn vornehmen müssen, darüber wird mein nächster Brief mehreres enthalten; — für jetzt will ich nur das voranschicken, daß Sie da den Beweis finden werden, daß der Mond sich eben so wie ein geworfner Körper, der von der Schwere gegen

die Erde gezogen wird, betrachten läßt, woraus dann folgt, daß die anziehende Kraft der Erde sich wenigstens bis zum Monde erstreckt.

Drei und dreißigster Brief.

am 23. Febr.

Wenn man von einer bedeutenden Anhöhe einen Stein nach horizontaler Richtung wirft, oder eine Kugel nach dieser Richtung abschießt: so fliegt sie desto weiter über der Erde hin, je schneller die ihr ertheilte Bewegung war, und es läßt sich also die Frage aufwerfen, ob es nicht denkbar wäre, daß ein Körper so schnell fortgeschleudert würde, daß er rund um die Erde herum liefe, ehe er die Oberfläche der Erde erreichte. Menschliche Gewalt, ja selbst die furchtbare Gewalt feuerspeiender Berge würde zu einem solchen Wurfe freilich nicht hinreichen, und in der Nähe der Erde würde der Widerstand der Luft eine so schnelle Bewegung auch bald sehr vermindern und ganz anders bestimmen; aber dennoch ist die Frage an sich selbst

durchaus nicht ungereimt, und verdient eine nähere Erwägung. Um den Widerstand der Luft sogleich wegzuräumen, wollen wir annehmen, der geworfne Körper befinde sich in einer sehr großen Entfernung von der Oberfläche der Erde, wo, wie Sie wissen, die Luft äußerst dünne ist, und dem bewegten Körper wenig oder gar keinen Widerstand entgegensetzt.

Bei einem so heftigen Wurfe, wo der geworfne Körper seine Lage gegen den Mittelpunct der Erde um etwas Bedeutendes ändert, dürfen wir nun nicht mehr die Richtungen, nach welchen die Schwere auf ihn wirkt, als immer gleichlaufend ansehen, sondern müssen darauf Rücksicht nehmen, daß die Schwere immer die Körper gegen den Mittelpunct der Erde treibt. Nehmen Sie nun an, daß (Fig. 42) A der Mittelpunct der Erde ist, und in B ein Körper nach der Richtung BC, welche gegen die Richtung der Schwere senkrecht ist, mit großer Gewalt fortgeschleudert werde, und z. B. in einer Minute nach D gelangen würde, wenn die Schwere ihn nicht herabzöge: so können wir, weil die Richtungen der Schwere für diesen kurzen Raum nicht viel von DA verschieden sind,

annehmen, der Körper falle am Ende der Minute nach der Richtung DA um so viel herab, als der Fallraum in 1 Minute beträgt, und dann die Untersuchung auf eine ähnliche Weise, wie in meinem letzten Briefe fortsetzen. Bezeichnet BE den Raum, um welchen ein Körper, der in B frei fiele, sich in 1 Minute der Erde nähern würde, und ist DF eben so groß, so können wir annehmen, der Körper befinde sich am Ende der Minute in F, und es können nun drei verschiedene Fälle Statt finden: entweder hat der Körper sich in diesem Zeitraume der Erde genähert, oder er ist in genau gleicher Entfernung von ihrem Mittelpuncte geblieben, oder er hat sich so gar weiter von demselben entfernt. Daß selbst der letzte Fall möglich ist, wird Sie nicht befremden; denn wäre die Wurfkraft groß genug, um den Körper in der ersten Minute bis G zu treiben, so zöge ihn die Schwere nur bis H herab, wenn GH und DF gleich sind, und seine Entfernung von der Erde hätte also für jetzt wenigstens zugenommen, obgleich damit nicht grade gesagt ist, daß sie auch in der Folge zunehmen muß. Ich will jetzt die beiden andern Fälle übergehen, und nur den betrachten, da

der Körper eine immer gleiche Entfernung vom Mittelpuncte der Erde während des kleinen Zeitraums, den wir betrachten, behält, oder ein kleines Stück eines Kreises durchläuft.

Die Möglichkeit, daß zwischen der Wurfkraft und der Schwere grade das Verhältniß Statt finde, welches nöthig ist, damit F und B gleich weit vom Mittelpuncte A abliegen, werden Sie leicht übersehen; aber Sie werden vielleicht fragen, ob denn darum, weil B und F gleich entfernt vom Centro liegen, auch die ganze Bahn BF, welche der Körper in diesem Zeitraume durchläuft, wirklich ein Kreisbogen sein muß, da sich ja unzählige andre krumme Linien ziehen lassen, die gleichfalls durch B und F gehen. — Diese Frage ist sehr gegründet; aber folgende Betrachtung entscheidet, daß dieser kleine Theil der Bahn dann wirklich kreisförmig ist, wenn die Wurfkraft in B eine auf BA senkrechte Richtung hatte, und doch die Entfernung AF so groß als AB ist. — Sie erinnern sich, daß nach der Art, wie die Schwere wirkt, die Abweichung des Körpers von der graden Richtung BD in I, welches die Hälfte von BD bezeichnen soll, nur den vierten Theil von

DF ausmacht, und daß überhaupt, so wie man sich von B entfernt, die Abweichung von BD nicht in einfachem, sondern in doppeltem Verhältnisse der Entfernung von B wächst, das heißt, in der doppelten Entfernung ist die Abweichung von der Linie BD vierfach, in der dreifachen Entfernung neunfach u. s. w. Aber die Geometrie zeigt, daß eben so der kleine Kreisbogen BF in I nur $\frac{1}{4}$ so weit als in D von BD entfernt ist, und überhaupt eben jenes Verhältniß in seinen Abweichungen von BD beobachtet, wie der bewegte Körper es vermöge der Schwere thun muß. Das Einzige also, was Ihnen hier noch zweifelhaft scheinen könnte, ist, ob jenes Gesetz der Schwere auch noch hier, wo wir ihre Richtungen nicht als gleichlaufend betrachten, richtig sei. Aber da der Weg, den z. B. der Mond in 1 Minute durchläuft, so klein ist, daß die Richtung BA von DA nur ganz wenig verschieden ist, (noch weit weniger, als es sich in der Zeichnung angeben ließ), so brauchen wir auf diese Verschiedenheit der Richtungen hier nicht zu sehen.

In unserm angenommenen Falle geht also der Körper in einem Kreisbogen bis nach F,

und wir können nun, indem wir die Richtung, die dieser Bogen in F hat, nach K verlängern, bestimmen, wohin der Körper fortgehen würde, wenn in F die Schwere aufhörte, seine Richtung zu ändern. Es entsteht aber nun noch die Frage, mit welcher Geschwindigkeit er in diesem Falle nach K zu fortgehen würde. Eine Frage, die nicht sehr schwer zu beantworten ist. Da nämlich die Richtung der Schwere auf die anfängliche Richtung der Bewegung senkrecht ist, und auch, indem der Körper auf seiner kreisförmigen Bahn fortgeht, immerfort auf die Richtung der Bewegung senkrecht bleibt, so ändert sie die Geschwindigkeit gar nicht, und der Körper hat also in F noch eben die Geschwindigkeit, die er in B hatte. Wir können also unsre Betrachtung fortsetzen, und wenn wir FL so groß als BD, und LM so groß als DF nehmen, so wissen wir, daß der Körper ohne Einwirkung der Schwere in der zweiten Minute bis L kommen würde, aber von dieser nach M herunter gezogen wird, und es ist sehr leicht zu übersehen, daß FM eine Fortsetzung des Kreisbogens BF, oder die ganze Bahn BFM ein Kreisbogen ist. So könnten wir fortfahren, und wür-

den finden, daß der Körper sich gar nicht der Erde nähert, sondern auf einerlei Kreise mit unveränderlicher Geschwindigkeit fortgehen, und also unaufhörlich um die Erde herumlaufen muß.

Diese Ueberlegung macht es also mehr als wahrscheinlich, daß der Mond nach diesen Gesetzen seinen Umlauf um die Erde macht, daß er nämlich vermöge der Schwere gegen die Erde getrieben, und dadurch in der kreisförmigen Bahn erhalten wird, welche wir ihn durchlaufen sehen. Aber da, wie Sie bemerkt haben, zwischen der Wurfkraft und der Schwere ein gewisses Verhältniß Statt finden muß, wenn die Bahn des geworfnen Körpers kreisförmig sein soll: so ist es nun interessant, näher zu untersuchen, mit welcher Gewalt die Schwere den Mond zur Erde herabziehen muß, wenn seine Bahn ein genauer Kreis werden soll. Die Entfernung des Mondes kennen wir, und folglich auch die Größe des Kreises, den er durchläuft; die Zeit seines Umlaufes um die Erde kennen wir auch, und es ist also nun leicht, zu berechnen, wie viel Fuß der Mond in einer Minute zurücklegt. Diese Berechnung will ich Ihnen eben nicht zumuthen, aber wenn wir die Entfer-

nung des Mondes vom Centro der Erde 60 Erdhalbmessern gleichsetzen (denn man ist einmal gewohnt nach Halbmessern der Erde zu rechnen), so ist seine Bahn etwa 7400 Millionen Fuß lang, und er legt in 1 Minute etwa 188065 Fuß zurück, und wenn man einen so großen Kreis nach einem genauen Maßstabe zeichnen, und darauf den Bogen BF 188000 Fuß nehmen wollte, so würde man die Abweichung des Kreises von der Linie BC nur 15 und $\frac{1}{100}$ Fuß finden. Die Berechnung giebt diese Abweichung genauer, als eine Zeichnung thun könnte, und sie zeigt, daß der Mond in 1 Minute nur 15 und $\frac{1}{100}$ Pariser Fuß gegen die Erde herabgezogen ist, oder nur so viel sich von der Richtung BC entfernt hat, welche er im Anfange der Minute hatte.

Statt also, daß in der Nähe der Erde ein fallender Körper schon in 1 Secunde 15 Pariser Fuß durchläuft, und in 1 Minute, wenn die Luft ihn nicht hinderte, von der ungeheuern Höhe 60 mal 60 mal 15 Fuß, das ist 54000 Fuß herabfallen würde, so gebrauchte dagegen ein Körper, der mit dem Monde gleich entfernt gehalten, und dem freien Fallen überlassen

würde,

würde, eine ganze Minute, um die ersten 15 Fuß zu durchlaufen, und es folgt also hieraus, daß die Schwere in größerer Entfernung von der Erde abnimmt, oder dort die Körper weniger stark niedertreibt als in der Nähe der Erde. Der Mond ist 60 mal weiter vom Mittelpuncte der Erde als die Körper, welche wir bei unsern Versuchen fallen lassen, aber diese durchlaufen im Fallen nicht bloß 60 mal, sondern 60 mal 60 mal so viel Raum als der Mond, und wir dürfen also hieraus schließen, daß die Schwere weit schneller abnimmt, als die Entfernung zunimmt. Ja wir können noch weiter gehen! — da in der 60 maligen Entfernung die Kraft der Schwere 60 mal 60 mal geringer ist als in der einfachen Entfernung: so dürfen wir annehmen, daß in der doppelten Entfernung vom Mittelpuncte der Erde die Schwere vier mal so schwach, oder $\frac{1}{4}$ mal so stark ist als bei uns, in der dreifachen Entfernung nur $\frac{1}{9}$ mal so stark u. s. w.

Diese Untersuchungen lassen uns also einen tiefen Blick in die Einrichtung des Weltgebäudes thun; sie geben uns den ersten Begriff von den Kräften, welche fähig sind, die

Weltkörper in ihren Bahnen zu erhalten; sie zeigen uns die ausgedehnte Wirksamkeit der Schwerkraft, die wir sonst nur an Körpern in der Nähe der Erde bemerkten; sie belehren uns über die Abnahme dieser Kraft in größern Entfernungen von der Erde, und es fehlt fast nur noch ein Schritt, um die Kraft völlig zu erkennen, welche das ganze Weltall zusammenhält. Dieser eine Schritt ist der, anzunehmen, daß nicht die Erde allein das Vermögen besitzt, andre Körper anzuziehen, sondern daß alle Körper, die Sonne, der Mond und jeder Stern eine eben solche anziehende Kraft haben, und sich so gegen einander wirksam zeigen, wie die Erde gegen den Mond. — Aber es würde uns heute zu weit führen, wenn ich diesen Satz zu beweisen, oder seine Wichtigkeit zu zeigen suchen wollte. —

Vier und dreißigster Brief.

am 27. Febr.

Es macht mir sehr viel Freude, meine liebe Freundinn, zu erfahren, daß meine Darstellung der Gesetze, nach welchen der Mond sich um die Erde bewegt, Ihnen gefallen, und Sie überzeugt hat. Ich habe Ihnen freilich nicht immer alles ausführlich vorrechnen, und so Ihnen jeden Satz nach Zahl und Maaß genau beweisen können: aber ich glaube, wo man sich die Sache durch Zeichnung erläutern, und sich überzeugen kann, daß eine hinlänglich genaue Zeichnung diejenigen Größen, welche man sucht, richtig angeben wird, da werden Sie es mir wohl mit Ueberzeugung glauben, daß die genauere Untersuchung für diese Größen den Werth finden lasse, den ich Ihnen in Zahlen angebe. Die Zeichnung kann sehr oft nicht die Genauigkeit geben, welche wir verlangen; denn wie groß müßte z. B. der Kreis gezeichnet werden, dessen Umfang 7400 Millionen Fuß betragen, und doch noch 15 Fuß als eine meßbare Größe zeigen sollte, und wie würde man es vollends anfangen, um in dieser Zeichnung zu wissen,

daß das Ende des Bogens von 188065 Fuß von der anfänglichen Richtung des geworfnen Körpers noch um $\frac{1}{100}$ mehr als 15 Fuß abwiche, wie in dem Beispiele meines letzten Briefes der Fall war? Dann aber kömmt die Rechnung uns zu Hülfe, und durch diese sind wir im Stande, die Länge der Linien, welche die Zeichnung bestimmt, weit sicherer und weit genauer auszumitteln. Die Betrachtung der Zeichnung dient uns in solchen Fällen nur, um einzusehen, daß das sich bestimmen lasse, was wir zu bestimmen wünschen, und wo wir davon einmal überzeugt sind, da kann es uns eben nicht schwer werden, zu glauben, daß die Gelehrten auch Mittel gefunden haben, jene Größe genau zu berechnen. — Doch ich besinne mich, daß Sie hieran ja gar nicht gezweifelt haben, und ich kehre also zu unserm Monde zurück.

Im Vorigen nahm ich immer an, der Mond bewege sich in einem genauen Kreise, dessen Mittelpunct mit dem Mittelpuncte der Erde einerlei ist; — wir wollen jetzt sehen, ob diese Voraussetzung auch richtig ist. Es ist Ihnen bekannt, daß ein Körper uns desto größer erscheint, ja näher er uns ist, und wir

dürfen also nur die scheinbare Größe des Mondes beobachten, um zu bestimmen, ob er sich immer in gleicher Entfernung von uns befindet; indeß müssen wir bei den Schlüssen, die wir aus dieser Beobachtung herleiten, nicht vergessen, daß die Entfernung unsers Standpunctes vom Mittelpuncte der Erde hier nicht als unbedeutend zu übersehen ist. Die Rücksicht hierauf nöthiget uns, zuerst zu bestimmen, wie bei einer unveränderten Stellung des Mondes seine scheinbare Größe sich an verschiedenen Orten auf der Erde zeigen wird. Die Zeichnung (Fig. 43) stellt in BCD die Erde und in E den Mond vor; freilich den letztern nicht um 60 Erdhalbmesser von A entfernt, weil das eine zu große Figur erfordern würde, aber doch so, daß man sich den wahren Zustand der Sache dabei vorstellen kann. Wenn die Erde sich von C nach B dreht, so sieht der Beobachter in B grade den Mond untergehen, ein andrer Beobachter in C aber sieht ihn im Zenith, und die Figur zeigt deutlich, daß der Mond näher bei C als bei B ist, also dem Beobachter in C größer erscheint als dem in B. Da der Mond eben nicht viel fortrückt, wäh-

rend die Erde bei ihrer Umdrehung den Punct C nach B bringt, so entfernt C sich vom Monde, und es muß folglich so wie der Mond dem Zenith näher kömmt, seine scheinbare Größe zunehmen, und dieses zeigen die Abmessungen seiner Größe, die man an einem Tage bei verschiedenen Höhen des Mondes anstellt, auch wirklich. Wollen wir also richtige Schlüsse über die jedesmalige Entfernung des Mondes vom Mittelpuncte der Erde ziehen, so müssen wir seine scheinbare Größe immer dann bestimmen, wenn er uns in einerlei Höhe erscheint, und es läßt sich leicht übersehen, daß wir dann ausmachen können, wie seine Entfernung von der Erde sich ändert. Ich kann Ihnen dieses wieder durch eine Zeichnung klar machen. Zuerst muß ich die Frage beantworten, wie denn die Entfernung des Mondes von mir zugenommen hat, wenn sein scheinbarer Durchmesser z. B. um $\frac{1}{20}$ abnimmt? — Bei Gegenständen, die nicht größer erscheinen als der Mond, gilt die einfache Regel, daß die scheinbare Größe in eben dem Maaße abnimmt, wie die Entfernung zunimmt, das heißt, wenn der Durchmesser des Mondes von 30 Min. auf 29 Min.

abnimmt, so wächst die Entfernung um $\frac{1}{29}$; kennt man also einmal aus Beobachtung der Parallaxe die Entfernung des Mondes für eine gewisse scheinbare Größe, so läßt sie sich auch für jede andre scheinbare Größe bestimmen. Beobachten wir nun die Größe des Mondes von B aus immer, wenn wir ihn in der Höhe wie F sehen, so können wir in der Zeichnung (Fig. 43) den Winkel zwischen BF und BA ein für allemal zeichnen, BA immer die Größe geben, welche der Erdhalbmesser haben soll, und BF verhältnißmäßig so groß nehmen, als der jedesmaligen Entfernung des Mondes von B angemessen ist; dann giebt die Linie FA die Entfernungen des Mondes vom Mittelpuncte der Erde an, und diese Entfernung ist aus meiner Beobachtung in B eben so gut bekannt, als wenn ich sie unmittelbar von A aus bestimmt hätte.

Nach dieser Vorrede komme ich wieder zurück auf die Frage, ob der Mond immer gleich entfernt vom Mittelpuncte der Erde bleibt, oder welche Bahn er um die Erde durchläuft? Beobachtet man den Mond von Tage zu Tage

während eines ganzen Umlaufes, so findet man, daß die Entfernungen desselben vom Mittelpuncte der Erde eine Zeit lang zunehmen, dann für den halben Umlauf abnehmen, und für die nächste Hälfte eines Umlaufes wieder zunehmen, woraus dann folgt, daß die Bahn des Mondes nicht genau die Erde zu ihrem Mittelpuncte hat. Ließen sich die Beobachtungen genau genug anstellen, so würde man finden, daß die Bahn des Mondes auch kein Kreis, sondern etwas länglicht ist; und eine hinreichende Anzahl solcher Beobachtungen könnte uns die wahre Gestalt der Mondbahn sehr genau kennen lehren. Wirklich hat man durch solche und ähnliche Beobachtungen die Bahn des Mondes bestimmt, und gefunden, daß sie ohngefähr die Gestalt wie Fig. 44 hat, wo ich die Abstände auf den Linien AB, AC, AD u. s. w. so genommen habe, wie sie den jetzigen Erscheinungen des Mondes in verschiedenen Puncten seiner Bahn gemäß sind, und in dieser Figur ist zwar die Abweichung vom Kreise nicht sehr merklich, das aber fällt deutlich in die Augen, daß die Erde nicht genau im Mittelpuncte der Mondbahn liegt, indem BEF

ein Kreis ist, dessen Mittelpunct mit der Erde zusammenfällt.

Also, werden Sie sagen, paßt ja das nicht auf den Mond, was wir im vorigen Briefe für einen Körper, der genau in einem Kreise herumläuft, fanden. — Genau paßt es freilich nicht, aber wir wollen für jetzt die geringe Abweichung so hingehen lassen, und bei einer andern Gelegenheit untersuchen, ob dennoch der Mond als ein geworfener und von der Erde angezogener Körper betrachtet werden kann. Ohnehin ist die Bewegung des Mondes lange nicht so regulär, als wir bei einer oberflächlichen Beobachtung wohl glauben. Nicht bei jedem Umlaufe um die Erde erreicht er in einerlei Gegend seiner Bahn seine größte Entfernung von der Erde, sondern wenn wir ihn jetzt in den Fischen sehen, wenn er sich in der größten Entfernung von der Erde befindet, so rückt der Punct der Erdferne allmählig so fort, daß er über ein Jahr im Widder liegt. Auch ist seine größte Entfernung und seine kleinste nicht bei einem Umlaufe so wie bei dem andern, sondern die Bahn ist bald minder, bald mehr von einem Kreise verschieden. Die Bewegung des Mondes in seiner

Bahn ist nicht gleichförmig, sondern schneller, wenn er der Erde nahe ist, und langsamer, wenn er sich in größerer Entfernung von ihr befindet. — Aber alles das ist für jetzt für uns zu verwickelt, und wir wollen es verschieben, diese Verwicklungen zu beleuchten, bis einfachere Untersuchungen uns erst besser dazu vorbereitet haben.

Ehe ich aber diesen Brief schließe, muß ich Ihnen doch noch etwas von den Mitteln sagen, deren die Astronomen sich bedienen, um die scheinbare Größe oder eigentlich den scheinbaren Durchmesser eines Himmelskörpers zu bestimmen. Da es hier auf Kleinigkeiten ankömmt, so reicht man mit dem gewöhnlichen Winkelmessen nicht aus, sondern hat Hülfsmittel gesucht, um kleine Winkel genauer zu messen. Man kann sich hierzu des Mauerquadranten oder jedes feststehenden Fernrohrs bedienen, wenn sich in demselben ein Fadenkreutz befindet. Sie erinnern sich nämlich, daß man in den Fernröhren an einer dazu passenden Stelle, die nämlich so gewählt werden muß, daß man die Fäden deutlich erkennt, indem man durchs Fernrohr sieht, Fäden senkrecht gegen einander und so zieht, daß sie

den Mittelpunct des Fernrohrs bezeichnen. Stellt man nun das Fernrohr so, daß die Sterne grade längst dem einen Faden hingehen, und beobachtet nun die Zeit, da der Mond eben den andern senkrechten Faden berührt, und auch, da er eben vorbeigerückt ist, und den Faden wieder ganz verläßt: so weiß man aus dieser Zwischenzeit, wieviel Minuten und Secunden des Aequators unterdeß wegen der Umdrehung der Erde vor dem Faden vorbeigerückt sind, und wenn der Mond genau im Aequator steht, so erscheint sein Durchmesser eben so viele Minuten und Secunden groß, oder wenn er nicht im Aequator steht, so läßt sich wenigstens aus seiner bekannten Stellung der Durchmesser berechnen.

Eine andere Methode besteht darin, daß man außer jenem Faden noch einen beweglichen Faden anbringt, der mit jenem parallel oder überall gleich entfernt von ihm ist, und auch, während man ihn verschiebt, parallel mit ihm bleibt. Hat man nun den Mond im Fernrohre, so dreht man dieses so, daß man des Mondes vordern Rand dicht an dem festen Faden sieht, und verschiebt nun den andern Faden mit Hülfe

einer feinen Schraube, bis er genau den hintern Rand des Mondes berührt, oder man verschiebt Fernrohr und Faden so lange, bis beide Fäden grade den Mond zwischen sich fassen. Ist dieses geschehen, so dreht man die Schraube so lange, bis der bewegliche Faden mit dem festen dicht zusammenfällt, zählt, wie oft man hierzu die Schraube drehen mußte, und findet daraus den Durchmesser des Mondes, weil man durch die Einrichtung des Instrumentes, oder noch besser durch andre vorher angestellte Beobachtungen schon weiß, wieviel Secunden ein Abstand der Fäden, der 10 oder mehr Umgänge der Schrauben erfordert, ausmacht. Man nennt diese Einrichtung ein Micrometer, d. i. ein Maaß für kleine Gegenstände. Man hat mehrere ähnliche Hülfsmittel, aber an diesen werden Sie zur Vorstellung von dieser Art Beobachtungen genug haben.

Fünf und dreißigster Brief.

am 7. März.

Wir haben uns so lange nicht mit der Sonne beschäftigt, und es wird also wohl einmal Zeit, daß wir unsre Aufmerksamkeit wieder auf sie richten. Sie werden ohnehin wohl bald wünschen, die Frage, ob die Sonne wirklich in einem Jahre um die Erde herumlaufe, beantwortet zu sehen, und wirklich ist es meine Absicht, heute einige Einleitungen zur Beantwortung dieser Frage zu machen. Ich könnte Sie sogleich zu den Gründen, welche für die Bewegung der Erde entscheidend sind, führen: aber einige Beobachtungen über die scheinbare Bewegung der Sonne, die sich an dasjenige, wovon mein voriger Brief handelte, so genau anschließen, scheinen mir, eben dieses Zusammenhanges wegen, hier vorher eine Stelle zu verdienen.

Wir können nämlich nach ganz ähnlichen Regeln, wie beim Monde, auch für die Sonne bestimmen, wie ihre Entfernung von uns von Tage zu Tage zu oder abnimmt, wenn wir täglich ihre scheinbare Größe abmessen. Freilich

ist die Aenderung der scheinbaren Größe bei der Sonne weit geringer als beim Monde, und diese Methode würde, wenn sie nicht durch andre Hülfsmittel noch unterstützt würde, zu keiner recht genauen Kenntniß der Sonnen- oder Erdbahn führen, aber sie leitet uns wenigstens zuerst zu einigen nähern Bestimmungen, die wir dann leichter der Vollkommenheit näher bringen können. — Sie erinnern sich noch der Art, wie man durch den Mauerquadranten und eine gute Uhr den jedesmaligen Ort der Sonne unter den Sternen bestimmen, wie man ihre ganze Bahn auf der Himmelskugel zeichnen, und angeben kann, ob sie dieselbe überall mit gleicher Schnelligkeit oder mit ungleichförmiger Bewegung durchläuft. Sie wissen, daß diese Beobachtung die scheinbare Bahn der Sonne als einen größten Kreis der Himmelskugel kennen lehrte, und zeigte, daß dieser gegen den Aequator geneigt sei, und von diesem in zwei völlig gleiche Hälften getheilt werde. Auch das habe ich Ihnen schon gesagt, daß die Sonne nicht täglich um einen gleichen Bogen auf der Ecliptik oder auf ihrer scheinbaren Bahn fortrückt; diese Ungleichheit wollen

wir jetzt näher betrachten, und mit der Annäherung und Entfernung der Sonne in Verbindung setzen.

Beobachtet man die Sonne vom Anfange unsers Jahres an fortdauernd, so findet man, daß der Bogen, um welchen sie in einem Tage unter den Sternen fortrückt, allmählig kleiner oder die Bewegung der Sonne langsamer wird; anfangs ist die Abnahme ihrer Schnelligkeit unbedeutend, und wird erst in mehreren Tagen merklich, allmählig aber nimmt ihre Bewegung stärker ab, und immer stärker, bis um die Zeit der Nachtgleiche; dann dauert zwar die tägliche Abnahme der Geschwindigkeit noch fort, aber sie hat nun ihren höchsten Grad erreicht, und vermindert sich wieder, bis diese Abnahme gegen Ende Juni unmerklich wird, so daß einige Zeit lang das tägliche Fortrücken der Sonne sich gleich bleibt. Kurz nachher fängt die Bewegung der Sonne an, täglich schneller zu werden, und zwar anfangs immer in vermehrtem Grade, bis auch diese Zunahme der Geschwindigkeit ihre Grenze erreicht, worauf sie allmählig unbedeutender wird, und gegen Ende des Jahres ganz verschwindet, um in der Folge in Abnahme überzugehen. — Verbindet man mit der Beobach-

tung des täglichen Fortrückens der Sonne die Beobachtung ihres Durchmessers: so findet man, daß die Sonne am größesten, also uns am nächsten ist, wenn sie am schnellsten fortrückt, daß ihre Entfernung fortdauernd zunimmt, so lange ihre Bewegung langsamer wird, daß ihre Entfernung etwa am Ende des Juni grade dann am größten ist, wenn ihre Bewegung am langsamsten ist, und daß endlich die Geschwindigkeit mit der in der zweiten Hälfte des Jahres erfolgenden Annäherung zur Erde wächst. — Die tägliche Bewegung der Sonne beträgt im Januar 1 Grad $1\frac{1}{5}$ Min., im Juli $57\frac{1}{5}$ Min.; der Durchmesser ist im Januar 32 Min. 38 Sec., im Juli 31 Min. 34 Sec., also ist die Sonne uns im Anfange des Januar etwa um den dreißigsten Theil ihrer Entfernung näher als im Anfange des Juli; ihre Bewegung ist aber im Januar um etwa $\frac{1}{15}$ schneller als im Anfange des Juli. —

Diese Ungleichheit der Bewegung ist mit die Ursache, warum die wahren Sonnentage nicht alle gleich lang sind; ich glaube indeß nicht, daß es Sie sehr interessiren kann, ganz genau zu erfahren, wie die abwechselnde größere und geringere Länge des wahren Sonnentages hierdurch

und

und durch die schiefe Lage der Ecliptik gegen den Aequator genau bestimmt wird, und übergehe daher diese Bestimmung, deren Möglichkeit sich im Allgemeinen wohl einsehen läßt. Etwas mehr Interesse wird es für Sie haben, den Einfluß zu bemerken, den diese Ungleichheit der Bewegung auf die Länge der Jahreszeiten, so wie diese nämlich astronomisch bestimmt werden, hat. Die Astronomen nehmen den Anfang des Winters genau in dem Augenblicke an, da die Sonne am meisten südlich vom Aequator entfernt ist; der Anfang des Frühlings, wenn sie im Aequator steht; den Anfang des Sommers, wenn sie grade ihre größte nördliche Abweichung erreicht hat, und den Anfang des Herbstes, wenn sie wieder im Aequator ankömmt. Da nun die Zeit der schnellsten Bewegung der Sonne beinahe mit dem Anfange des Winters zusammentrifft, und die Sonne genau 90 Grade durchläuft, bis sie von ihrer südlichsten Abweichung zum Aequator, und wieder 90 Grade, bis sie vom Aequator zur größten nördlichen Abweichung von demselben gelangt: so ist der astronomische Winter kürzer als der Frühling, und der astronomische Herbst kürzer als der Sommer,

weil die Sonne die 90 Grade von ihrer südlichsten Stellung bis zum Aequator schneller zurücklegt, als die folgenden 90 Grade vom Aequator bis zur größten nördlichen Abweichung. Dieser Unterschied, um welchen sich die für uns unangenehmen Jahreszeiten abkürzen, beträgt indeß nur wenige Tage, indem die Zeit von der Herbst-Nachtgleiche bis zur Frühlings-Nachtgleiche 179 Tage, und die andere Hälfte des Jahres dagegen 186 Tage ausmacht, und der Trost, den wir hieraus hernehmen können, wenn uns die Aussicht auf den kalten Winter lang däucht, ist um so unbedeutender, da die meteorologische Bestimmung der Jahreszeiten oder der Eintritt der Wärme und Kälte sich oft nach ganz andern Regeln richtet, als nach dem astronomischen Anfange des Winters und Sommers. Aus diesem Grunde ist mir eine Bemerkung des französischen Mathematikers Biot, die ich gleich anführen will, sehr aufgefallen.

Um diese Bemerkung zu verstehen, müssen Sie wissen, daß die Sonne nicht immer in einerlei Jahreszeit ihre größte Entfernung von uns erreicht. Jetzt trifft die Zeit, da Sonne und Erde einander am nächsten sind, fast genau mit

dem Anfange unsers bürgerlichen Jahres zusammen, und die Zeit der größten Entfernung der Sonne von uns ist genau ein halbes Jahr oder 182½ Tage später; aber von Jahre zu Jahre rückt die Lage der Linie, in welcher die Sonne sich bei der Erdnähe und Erdferne befindet, ein wenig fort, so daß die Sonne ihre Erdnähe nach einer Reihe von Jahren erst im Februar erreichen wird. Diese Aenderung ist freilich so unbedeutend, daß weder Sie noch ich, wenn wir nicht etwa das tausendjährige Alter der frommen Erzväter vor der Sündfluth erreichen, eben einen großen Unterschied hierin erleben werden, dennoch aber wird diese Aenderung im Laufe der Jahrhunderte bedeutend, und man kann berechnen, daß ums Jahr 6500 unsrer Zeitrechnung die Sonne grade zu Anfange des Frühlings am nächsten bei der Erde sein wird. Dann also wird der Herbst länger, und der Frühling kürzer dauern als jetzt. — Aber da der Unterschied nur etwa 3 Tage ausmacht, und über das die Witterung sich lange nicht so bestimmt nach dem Stande der Sonne richtet, daß wir den Anfang und die Dauer des Frühlings so präcise empfinden könnten, so begreife ich nicht, wie Biot

von dieser Aenderung so pathetisch sagen kann: varietés, que nous n'appercevons pas pendant la courte durée de notre vie, mais dont les générations successives éprouvent réellement les effets. —

Sechs und dreißigster Brief.

am 9. März.

Aus den Beobachtungen, wovon ich im vorigen Briefe redete, ließen sich nun manche Folgerungen herleiten, die Figur der Sonnenbahn und die Regel, nach welcher ihr bald mehr, bald minder schneller Lauf sich richtet, bestimmen, wenn wir nur gewiß wären, daß es wirklich die Sonne ist, die sich bewegt, und nicht vielleicht die Erde. Der erste Anschein darf uns hier nicht leiten, und insbesondre dürfen wir daraus, daß wir die Bewegung der Erde nicht empfinden, keinen Einwurf gegen dieselbe herleiten. Denn indem die Erde mit allem was sie enthält, im leeren Himmelsraume hinschwebt, können wir es an den Gegenständen, die uns

umgeben, nicht bemerken, daß sie fortrückt; diese behalten ihre Lage gegen uns unverändert, weil sie alle mit uns gleiche Geschwindigkeit haben, und da diese Bewegung nicht durch Stöße oder Hemmungen unterbrochen wird, so kann auch für unsre Empfindung nichts von dem Statt finden, was wir bei unsrer Bewegung auf der Erde auf holprigen Wegen oder auf dem ungestümen Meere erfahren, sondern leise und gleichförmig schweben wir dahin im unermeßlichen Weltraume. Leise! — denn an die himmlische Musik oder die Harmonie der Sphären, welche nach Pythagoras durch die Bewegung der Himmelskörper bewirkt wird, die aber, sterblichen Ohren unhörbar, nur die Seligen mit süßen melodischen Tönen erquickt, glauben wir einmal nicht mehr, obgleich selbst ein Klopstock unter die erhabenen Ideen von einer künftigen Welt auch die mischte:

„Himmlischer Ohr hört das Getön der bewegten Sterne," ....

Wir Astronomen dürfen dem Dichter nicht einreden, ja wir folgen ihm gern, wenn seine himmlische Muse uns — nicht Träume, sondern

tiefe Ahndungen von einer höhern Welt enthüllt, wenn er uns den Himmel in einem irdischen Spiegel groß und herrlich zeigt, und unsern Geist mit großen Gedanken, mit erhabenen Empfindungen erfüllt. — Sie wissen, wie hoch ich Klopstock in dieser Hinsicht schätze; aber doch scheint es mir, daß er in einigen Oden ähnliche Gedanken wie den obigen auf eine für die wahre Erhabenheit nachtheilige Weise ausmahlt, so sehr es ihm auch oft an andern Stellen gelingt, die von dem erhabensten Sinnlichen hergenommenen Bilder so zusammen zu stellen, daß sie uns wie ein Wiederschein einer höhern Welt vorkommen. — — Doch, wo gerathe ich hin! — ich muß zurückkehren, um nicht über dem Andenken an diesen großen Deutschen zu warm zu werden, und mich ganz zu verirren. —

* * *

Der Gegenstand, womit ich Sie unterhalten wollte, war eigentlich der Beweis, daß die Erde sich wirklich bewegt; — lassen Sie uns diesem wichtigen Satze die ruhige Aufmerksamkeit schenken, die er verdient.

Wenn die Erde sich um die Sonne bewegt, während diese ruhet, so muß die Erde ohngefähr einen Kreis um die Sonne beschreiben, weil die Entfernung der Sonne von uns sich nur wenig ändert. Dieser Kreis, denn so werde ich fürs erste immer sagen, obgleich die Bahn der Erde sich ein wenig von einem Kreise unterscheidet, — dieser Kreis ist von sehr bedeutender Größe, da die Entfernung der Sonne von uns so groß ist, daß wir ihre Parallaxe an verschiedenen Orten der Erde fast gar nicht bemerken können. Bestimmt man nämlich nach der Ihnen bekannten Methode zu gleicher Zeit an verschiedenen Orten der Erde die Stellung der Sonne unter den Sternen: so findet man diese für alle Orte der Erde so gleich, daß sich fast gar kein Unterschied ergiebt. Indeß haben sehr accurate Beobachtungen, von denen ich vielleicht in der Folge Ihnen etwas sagen kann, eine kleine Parallaxe der Sonne angegeben, woraus man die Entfernung derselben auf 21 Millionen Meilen berechnet hat. Bewegt sich also die Erde um die Sonne, so ist das eine Ende ihrer Bahn von dem andern um mehr als 40 Millionen Meilen entfernt, und man sollte den-

ken, daß diese ungeheure Veränderung des Standpunctes einen merklichen Einfluß auf die scheinbare Stellung der Sterne haben müßte, daß wir z. B. im December es bemerken müßten, daß wir dem Sternbilde des Stieres um 40 Millionen Meilen näher sind, als im Mai oder Juni. Aber eine solche Aenderung in der scheinbaren Stellung der Sterne bemerkt man bei den Fixsternen gar nicht. Der Nordpol der Erde bleibt das ganze Jahr durch gegen denselben Stern gerichtet, und auch der Südpol der Erde behält das ganze Jahr einerlei Stern im Zenith; auch wir sehen die Sterne, welche uns im Sommer durchs Zenith gehen, im Winter ebenfalls genau im Zenith; — kurz, an den Fixsternen läßt sich, für den gemeinen Beobachter wenigstens, gar nichts bemerken, was eine Bewegung der Erde bewiese, oder was nicht eben so sich zeigen müßte, wenn die Erde an einerlei Stelle bliebe, und bloß sich um ihre Axe drehte.

Diese Bemerkung scheint von der Vermuthung, daß die Erde um die Sonne laufe, so sehr zurückzuschrecken, daß man sie ganz würde aufgeben müssen, wenn nicht andre Erscheinun-

gen sie ganz unwidersprechlich bewiesen. Denn ob man gleich an den Fixsternen nichts von dem bemerkt, was man an entfernten Gegenständen, denen man sich abwechselnd nähert, und sich von ihnen entfernt, zu bemerken gewohnt ist: so bieten doch die Planeten Erscheinungen dar, welche sich nicht erklären lassen, wenn man die Erde als ruhend ansieht. Sollte also jene unveränderliche Stellung der Fixsterne vielleicht nur davon herrühren, daß ihre Entfernung von uns allzu groß, und die Größe der Erdbahn dagegen unbedeutend ist? — Unbedeutend? — werden Sie fragen, — kann denn die ungeheure Entfernung von 40 Millionen Meilen für unbedeutend gehalten werden? — Ich kann hierauf in diesem Augenblicke nichts Entscheidendes antworten, da es nicht meine Absicht ist, Ihrem eigenen Urtheile vorzugreifen; aber das darf ich wohl bemerken, daß wir die Entfernungen der Weltkörper nicht mit dem Maaßstabe abmessen dürfen, dessen wir uns im gemeinen Leben zu bedienen gewohnt sind. Vierzig Millionen Meilen machen eine Entfernung aus, die alle unsre Vorstellung, wenn wir sie mit Reisen auf der Erde vergleichen, übertrifft; aber ist sie

darum auch ungeheuer in Vergleichung gegen den unermeßlichen Weltraum? Wenn wir am nächtlichen Himmel das Gedränge der Sterne in der Milchstraße betrachten, und sehen, daß jedes stärker vergrößernde Fernrohr uns neue Sterne in immer dunklerer Ferne zeigt, und daß wir selbst mit tausendfacher Vergrößerung noch eben so wenig das Ende absehen als mit bloßem Auge: so drängt sich uns unwillkührlich der Gedanke auf, daß der mit Sternen erfüllte Raum sich endlos, alle unsre Gedanken übersteigend nach allen Richtungen um uns ausdehnt, und daß also vielleicht in diesem Raume einige Millionen von Meilen eben so unbedeutend sind, als das Sandkorn am Ufer gegen das Weltmeer. Nehmen wir hierzu die Erfahrung, daß eben die Fernröhre, welche uns den Jupiter und andre Planeten so merklich vergrößert zeigen, und uns einzelne Gegenstände auf denselben wahrnehmen lassen, dennoch nicht im Stande sind, uns die Fixsterne anders als wie glänzende Puncte darzustellen, und überlegen wir, daß dieses nur davon herrühren kann, weil diese hellglänzenden Körper zu entfernt sind, um sich, selbst

bei tausendfacher Vergrößerung, in merklicher Größe zu zeigen: so kann es uns wenigstens nicht ganz ungereimt vorkommen, so sehr es auch unser Erstaunen erregen mag, wenn jemand uns sagte, die Erde durchlaufe dennoch jenen großen Kreis, und der Einfluß dieser Bewegung lasse sich nur darum an den Fixsternen nicht bemerken, weil diese noch mehr als hunderttausend mal so weit von uns entfernt sind, als die Sonne.

Und wirklich verhält es sich so! — Nur die Planeten allein sind uns nahe genug, um uns auf der bewegten Erde anders zu erscheinen, als auf der ruhenden, und die Fixsterne sind hingegen so entfernt, daß sie auf einer Standlinie von 40 Millionen Meilen noch keine Parallaxe zeigen, sondern daß die von den Endpuncten dieser Standlinie nach ihnen hin gezogenen Gesichtslinien uns als parallel oder gleichlaufend vorkommen. — Doch ich wollte Ihrem Urtheile nicht vorgreifen; — ich werde Ihnen nächstens Entscheidungsgründe für dieses Urtheil liefern.

Sieben und dreißigster Brief.

am 14. März.

Da die Beobachtung der Planeten uns die Beweise für die Bewegung der Erde und der übrigen Planeten um die Sonne liefern soll: so lassen Sie uns jetzt den scheinbaren Lauf der Planeten näher betrachten. Unter den bekannten Planeten giebt es zwei, welche sich nie weit von der Sonne entfernen, und daher immer nur einige Stunden vor Sonnenaufgang oder einige Stunden nach Sonnenuntergang am Himmel sichtbar sind, aber nie die ganze Nacht durch scheinen. Man nennt diese Planeten die unteren Planeten, weil sie immer in größerer Nähe bei der Sonne sind als wir, die übrigen hingegen heißen obere, weil sie über uns hinaus sich von der Sonne entfernen. Jene unteren Planeten laufen, wenn man sie bloß in Beziehung auf die Sonne betrachtet, und bloß nach dem Anscheine ihrer Bewegung beurtheilt, abwechselnd nach entgegengesetzten Richtungen, so daß sie umzukehren scheinen, wenn sie eine gewisse Entfernung von der Sonne erreicht haben. An der Venus lassen sich diese Er-

scheinungen am leichtesten beobachten, und wir wollen nun sehen, ob nicht diese Erscheinungen zu einer bessern Erklärung als dem Vorwärts- und Rückwärtsgehen führen, welches allzu unnatürlich scheint, als daß wir uns dabei beruhigen könnten.

Wenn die Venus Abendstern wird, das heißt, wenn die Zeit, da sie Abends nach Sonnenuntergang scheint, erst anfängt, so sehen wir sie in der Nähe der Sonne, und zwar, wenn wir sie mit Fernröhren betrachten, rund oder ganz erleuchtet, wie den vollen Mond. Allmählig entfernt sie sich von der Sonne, und bleibt länger nach dem Untergange derselben sichtbar, und wenn man ihren Durchmesser mehrmahls abmißt, so findet man diesen täglich größer, woraus dann folgt, daß sie sich der Erde nähert. Aber während sie so der Erde näher kömmt, nimmt ihr erleuchteter Theil, welcher gegen die Sonne zu gekehrt ist, ab, und ihr Ansehen stimmt immer mehr und mehr mit dem Ansehen des Mondes in den Vierteln überein. Diese Erscheinungen, welche Sie grade jetzt beobachten könnten, daß die Venus sich immer mehr ostwärts von der Sonne entfernt,

daß ihr Durchmesser zu-, aber ihr erleuchteter Theil abnimmt, dauern etwas länger als ein halbes Jahr; dann erreicht sie ihren größten Abstand von der Sonne, und fängt wieder an sich ihr zu nähern, aber unterdeß nimmt ihr Durchmesser noch immer zu, und ihr erleuchteter Theil nimmt ab. Sie nähert sich nun der Sonne weit schneller, als sie sich von ihr entfernt hatte, sie kömmt dabei der Erde immer näher, und kehrt immer weniger von ihrer erleuchteten Seite gegen uns, bis sie, eben so wie der Mond beim Neumonde, uns in der Nähe der Sonne ganz unsichtbar wird. Diese Unsichtbarkeit dauert nicht sehr lange, sondern nach einiger Zeit sehen wir die Venus Morgens vor Sonnenaufgang, und bemerken nun, daß sie sich westwärts immer mehr von der Sonne entfernt; ihr Durchmesser, der bei ihrem ersten Wiedererscheinen noch sehr groß, so wie vor ihrem Verschwinden, war, nimmt ab, aber ihr erleuchteter Theil, der zuerst nur schmal oder sichelförmig erschien, wächst, und gleicht dem Mondesviertel ohngefähr um die Zeit, wenn die Venus sich am meisten von der Sonne entfernt hat. Nach diesem Zeitpuncte nähert die Venus

sich anscheinend der Sonne, ihr Ansehen gleicht immer mehr dem des Vollmondes, aber ihr Durchmesser wird kleiner, und sie ist am entferntesten von der Erde, wenn sie ganz erleuchtet ist, und mit der Sonne zugleich auf- und untergeht.

Diese Erscheinungen der Venus zeigen deutlich, daß dieser Planet eine dunkle Kugel, wie der Mond ist, und seinen Glanz bloß der Erleuchtung durch die Sonne verdankt, und obgleich sie uns über die Bewegung der Erde wenig Aufschluß geben, so leiten sie doch zu der Ueberzeugung, daß die Venus sich um die Sonne bewege. Ich kann nicht unterlassen, dieses noch etwas mehr aus einander zu setzen, obgleich die genauere Erklärung der einzelnen Umstände sich erst geben läßt, wenn man über die Bewegung der Erde gewiß ist. Für jetzt lassen sich die Erscheinungen wenigstens auf folgende Weise darstellen. Wenn die Venus anfängt, nach Sonnenuntergang sichtbar zu bleiben, so befindet sie sich in größerer Entfernung von uns als die Sonne; sie läuft nun in ihrem Kreise um die Sonne ostwärts, und scheint sich also von ihr zu entfernen, obgleich sie der Sonne

immer gleich nahe bleibt. Während sie sich so (Fig. 45) von A nach B scheinbar von der Sonne entfernt, nähert sie sich der Erde, und ihr Durchmesser nimmt also zu; aber man sieht von der Erde aus immer weniger von der hellen Seite, je näher sie gegen B kömmt, und in B zeigt sie uns beinahe eben so viel von dem dunkeln Theile als von dem erleuchteten. Hat die Venus ihren größten scheinbaren Abstand von der Sonne etwa in B erreicht, und geht in ihrem Kreise nach C fort, so kömmt es uns vor, als rücke sie zur Sonne zurück, wir bemerken zugleich, daß sie uns näher kömmt, und sehen ihren erleuchteten Theil abnehmen, bis sie zur Sonne kömmt, und ganz unsichtbar wird. Nach diesem Zeitpuncte sehen wir die Venus an der andern Seite der Sonne oder vor Sonnenaufgang, sie entfernt sich nun von uns, indem sie nach D und A zu läuft, aber ihr erleuchteter Theil nimmt jetzt eben so wieder zu, wie er vorhin abnahm.

Bei dieser Erklärung, die offenbar das Gepräge der Wahrheit an sich trägt, ist auf die Bewegung der Erde oder der Sonne keine Rücksicht genommen; wir werden aber bald sehen,

daß

daß sich die Zeit, in welcher die Venus uns ihren Hingang und Rückgang zu vollenden scheint, und alle andern Umstände erst dann völlig erklären lassen, wenn wir die Bewegung der Erde mit beachten; für jetzt mag diese unvollständige Erklärung, die auch auf den zweiten untern Planeten, Mercurius, paßt, genügen.

Es giebt also zwei Planeten, die um die Sonne laufen, und da die übrigen Planeten diesen ganz ähnlich sind, und alle eben so wie die Erde dunkle, von der Sonne erleuchtete Kugeln zu sein scheinen, so können wir jetzt die Frage aufwerfen, ob nicht die Erde und alle Planeten sich in Kreisen um die Sonne bewegen.

Um diese Hypothese zu prüfen, müssen wir die scheinbare Bewegung der obern Planeten näher betrachten, und ich muß hier dasjenige etwas vollständiger wiederholen, was ich in einem meiner frühern Briefe Ihnen schon kurz mitgetheilt habe. Der Mars, welcher unter den obern Planeten sich der Erde am meisten nähert, zeigt uns die Erscheinungen, worauf es hier ankömmt, am auffallendsten, und auf ihn wollen wir daher unser Augenmerk vorzüglich

richten. Ich will mit der Beschreibung der Phänomene da anfangen, wo Sie grade jetzt Ihre Beobachtungen anfangen könnten, wenn Sie die Erscheinungen selbst beobachten wollen. Der Mars steht ohngefähr grade jetzt um Mitternacht in Süden, und wenn Sie ihn aufgefunden und seinen Stand gegen benachbarte Sterne bemerkt haben: so finden Sie nachher täglich, daß er zu westlichern Sternen hinrückt, oder wie die Astronomen sagen, rückläufig ist. Diese rückläufige Bewegung wird nach einiger Zeit langsamer, Mars scheint endlich einige Tage unter den Sternen fast stille zu stehen, und fängt dann an, sich den östlichern Sternen wieder zu nähern, oder nach astronomischer Art zu reden, vorwärts zu gehen. Er setzt dieses östliche Fortrücken, welches allmählig schneller wird, nun immer fort, und durchläuft etwa in dem Zeitraume eines Jahres zwei Drittel der ganzen Ecliptik, ehe er von der Sonne, die ihm unterdeß immer nacheilt, erreicht wird. Während dieser ganzen Zeit nimmt seine scheinbare Größe fortdauernd, und so ab, daß sein Durchmesser, wenn er in der Nähe der Sonne steht, kaum $\frac{1}{4}$ so groß ist als jetzt, da er um

Mitternacht in Süden steht. Ist der Mars in der Nähe der Sonne angekommen, so bleibt er uns unter ihren Strahlen einige Zeit unsichtbar, ist dann des Morgens vor Sonnenaufgang zu sehen, entfernt sich allmählig von der Sonne, und nähert sich der Erde, und setzt seinen Lauf immer zu östlichern Sternen hin fort, bis er beinahe der Sonne gegenüber steht. Dann fängt er, während seine Annäherung zur Erde fortdauert, wieder an zurückzugehen, und diese rückgängige Bewegung einige Monate fortzusetzen, worauf er endlich alle die Erscheinungen, die ich schon beschrieben habe, aufs neue zeigt.

Wenn wir diese Erscheinungen, die gewiß nicht durch ein wirkliches Vorwärts- und Rückwärtsgehen verursacht werden, erklären wollen: so müssen wir das voraus annehmen, daß die nach einerlei Fixstern gezogenen Gesichtslinien so gut als gleichlaufend sind, wenn auch diese Linien von den entgegengesetzten Puncten der Erdbahn nach demselben Sterne gezogen werden. Lassen Sie nun A die Sonne, BCD die Erdbahn, und EFG die Bahn des Mars in Fig. 46 bedeuten, und nehmen Sie an, daß grade jetzt Mars sich in E, die Erde aber in B befinde,

und daß nach der Richtung BI der Fixstern Regulus steht: so sagen wir, der Mars stehe beim Regulus und grade der Sonne gegenüber. Findet das Letztere Statt, so steht der Mars grade um Mitternacht in Süden, so wie es ohngefähr jetzt der Fall ist. Wir nehmen nun an, daß die Erde in einem Jahre auf ihrer Bahn um die Sonne herum komme, also nach einem Monate in H, nach zwei Monaten in K u. s. w. ankomme. Ist nun nach einem Monate die Erde in H, so sehen wir den Regulus nach der Richtung HI, die mit BI parallel ist, und wenn nun unterdeß Mars auf seiner Bahn von E nach h gekommen ist, so sehen wir ihn westlich vom Regulus, und sagen, er sei in diesem Monate nach Westen gerückt oder rückwärts gegangen, obgleich er in der That von E nach h ostwärts fortgerückt ist. Bewegt nun die Erde sowohl als der Mars sich in jedem Monate gleich viel, so kömmt im nächsten die Erde nach K, und der Mars nach k. Indem die Erde in K ist, sehen wir den Regulus nach der Richtung KI, und schon die Zeichnung zeigt, daß Mars zwar noch westlich vom Regulus steht, daß aber seine Entfernung in diesem Monate eben nicht

zugenommen hat, so daß wir sagen würden, Mars habe in diesem Monate nur eine unbedeutende Bewegung, oder sei fast stillstehend, obgleich seine wahre Bewegung eben so groß gewesen ist als im vorigen Monate. Im dritten Monate kömmt die Erde nach L, und der Mars nach l, und da L l fast mit der Richtung L I übereinstimmt, nach der wir den Regulus sehen, so sehen wir den Mars jetzt wieder in der Nähe des Regulus, und sagen, Mars ist in diesem Monate ostwärts gerückt, und hat den Weg wieder eingebracht, den er im ersten Monate westwärts oder zurück gethan hatte. Im vierten Monate kömmt die Erde nach D, der Mars nach d, im fünften jene nach M und dieser nach m, und D I, M I sind die Richtungen, nach denen wir den Regulus sehen. Der Mars entfernt sich also immer weiter östlich vom Regulus, und setzt dieses scheinbare Fortrücken auch in den folgenden Monaten fort. Lassen Sie uns jetzt sehen, wie seine Stellung gegen die Sonne sich unterdeß ändert. In B sahen wir ihn der Sonne A grade gegenüber, in H war dies schon nicht mehr der Fall, sondern er war der Sonne näher gerückt, und mußte vor

Mitternacht in Süden stehen; in L steht die nach dem Mars gezogene Linie schon ohngefähr senkrecht auf die nach der Sonne gezogene Linie, und späterhin nehmen die Winkel zwischen beiden Gesichtslinien immer mehr ab, oder Mars nähert sich dem Anscheine nach immer mehr der Sonne. Indeß geht es mit dieser Annäherung nicht so schnell fort, daß beide einander sobald erreichten, sondern wenn Sie die zusammen gehörigen, in der Figur mit ähnlichen Buchstaben bezeichneten Stellungen der Erde und des Mars nachsuchen, so werden Sie finden, daß selbst, wenn die Erde in R, und der Mars in r angekommen ist, noch immer Mars und Sonne nicht ganz zusammen gekommen sind. Ohngefähr wenn die Erde in H, und Mars in h′ angelangt ist, tritt der Zeitpunct ein, daß von der Erde aus der Mars hinter der Sonne steht, und wenn die Erde weiter nach L kömmt, so sieht sie den Mars schon in l′ an der andern Seite der Sonne. Verfolgen Sie die Bewegung dieser Körper weiter, so finden Sie, daß N und n′, Q und q′ wieder zusammen gehörige Stellungen der Erde und des Mars sind, und Sie werden nun schon vermuthen, daß wenn

der Mars in q′ und die Erde in Q ist, bald die rückgängige Bewegung des Mars wieder angehen wird. Auch hier sind QI, RI die Richtungen von der Erde nach dem Regulus, und da Mars nach E geht, während die Erde nach R kömmt, so nimmt hier noch der östliche Abstand vom Regulus zu, oder Mars ist noch rechtläufig; aber indem die Erde nach B, und Mars nach h geht, scheint er uns fast stille zu stehen, und während die Erde nach H, und Mars nach k kömmt, scheint er uns zurück nach Westen zu gehen.

Ich wünsche sehr, daß Ihnen diese lange umständliche Erzählung gefallen möge, und Ihre Geduld nicht ermüdet habe. Kürzer könnte man die Sache so darstellen. Wenn der Mars uns in E der Sonne grade gegenüber steht, und wir uns in B befinden: so laufen Mars und Erde nach einerlei Richtung, aber die Erde läuft schneller, und kömmt dem Mars zuvor, daher scheint der Mars nicht bloß uns in Vergleichung gegen die Fixsterne still zu stehen, sondern sogar zurück zu gehen. Aber wenn die Erde nach K und L, und der Mars nach k und l kömmt, so geht die Erde vom Mars grade abwärts, und

wir sehen jetzt sein Fortrücken beinahe ganz so, als wenn die Erde still stände. Die Erde entfernt sich nun immer mehr vom Mars, und sein scheinbares Fortrücken wird schneller, zumal dann, wenn die Erde so wie bei PQR der Richtung des Mars, der zugleich von p nach r läuft, entgegen ist. — — — — Das Uebrige ergiebt sich nun von selbst, und Sie werden selbst jetzt einsehen, daß sich die scheinbar irreguläre Bewegung der obern Planeten aus einer gleichförmigen Bewegung der Planeten und der Erde erklären läßt. Ich habe in der Figur die Bahn des Mars so eingetheilt, daß er in 23 Monaten einen Umlauf um die Sonne vollendet, welches so ziemlich mit der Wahrheit übereinstimmt. Daß der Mars zuerst, indem er der Sonne gegenüber stand, grade beim Regulus stände, habe ich nur um des bequemern Ausdrucks willen angenommen; als in diesem Jahre 1807 der Mars der Sonne gegenüber stand, befand er sich eigentlich im Hinterfuße des Löwen einige Grade östlich vom Regulus, und in so fern würden Sie seine Stellung bei wirklicher Beobachtung um einige Grade anders finden, als ich hier angebe. Die Bewegung der übrigen

obern Planeten ist der Bewegung des Mars ganz ähnlich, nur ist der Weg, den sie rückwärts zu machen scheinen, nicht so lang, und ihre Bewegung ist überhaupt langsamer; ich werde daher fürs erste immer nur vom Mars reden, weil die Anwendung auf jene Planeten dann leicht ist. Von den untern Planeten werde ich noch besonders reden müssen, aber für heute ist es wohl Zeit, daß ich schließe.

Acht und dreißigster Brief.

am 23. März.

Ich habe Ihnen in meinem vorigen Briefe die Bewegung der Venus nur so erklärt, als wenn Erde und Sonne stille ständen, und bloß die Venus sich bewegte; aber außerdem, daß wir, um die scheinbare Bewegung der Sonne zu erklären, doch entweder der Sonne oder der Erde eine wahre Bewegung beilegen müssen, stimmt auch jene Erklärung mit einer genauern Beobachtung der Erscheinungen nicht überein. Wir wollen also jetzt die Sache ganz so, wie

sie ist, betrachten, und (Fig. 47) A die Sonne, Ceh die Bahn der Venus, und BFL die Bahn der Erde vorstellen lassen. Stand nun, wie es vor einigen Wochen der Fall war, die Venus grade hinter der Sonne, also Venus in C und die Erde in B, so sahen wir nach einem Monate, da die Erde in D, und die Venus in d angekommen war, diese etwas von der Sonne entfernt, und zwar an der linken Seite, wenn wir das Gesicht grade gegen die Sonne richteten. Während die Erde nach E, F, G ging, rückte die Venus nach e, f, g, und näherte sich uns, entfernte sich aber nach dem sich uns darbietenden Anscheine von der Sonne, bis die Venus ohngefähr in k, und die Erde in K angekommen ist. Um diese Zeit muß uns der Abstand der Venus von der Sonne am größten scheinen, oder der Winkel, welchen die von der Erde nach der Venus und der Sonne gezogenen Linien bilden, am größten werden, weil unsre Gesichtslinie Kk senkrecht auf der Entfernung Ak der Venus von der Sonne steht, und der scheinbare Abstand der Venus von der Sonne scheint nun abzunehmen. Verfolgen Sie den

Lauf der Venus weiter, so finden Sie, daß sie von k in einem Monat nach l, in 2 nach m, in 3 nach n kömmt, wenn Sie diese Stücke immer gleich nehmen, und da in 3 Monaten auch die Erde von K nach N gelangt, so wird es Ihnen auffallen, daß drei Monate nach dem größten Abstande der Venus von der Sonne jene schon vor dieser vorbeigeht, da doch die Zeit, in welcher die Venus ihren größten Abstand erreichte, viel länger war, indem unterdeß die Erde sich von B bis K bewegte, welches 7 Monate erfordert. Sie werden aber auch leicht einsehen, warum die Venus längere Zeit nöthig hatte, um den größten Abstand von der Sonne zu erlangen, als um in dem nähern Theile ihrer Bahn wieder zu ihr zurück zu kehren; hier nämlich, in der Nähe der Erde, kömmt ein gleicher Weg, den die Venus durchläuft, uns länger vor, als da sie sich in dem entferntern Theile ihrer Bahn befand, und so kehrt sie, bei gleich bleibender wahrer Geschwindigkeit, schneller zur Sonne zurück, als sie sich von ihr entfernt hatte. Aus eben dem Grunde gebraucht sie aber nun, nachdem sie uns in n ohngefähr vor der Sonne

erschienen ist, kürzere Zeit, um ihren größten Abstand rechts von der Sonne zu erreichen, und längere, um abermals zu ihr zurück zu kommen.

Ich könnte Ihnen nun auch noch das Fortrücken der Venus in Vergleichung gegen die Fixsterne vorzeichnen, aber ich glaube, daß Sie sich diese Zeichnung selbst entwerfen, oder wenigstens denken können, und halte es für ziemlich überflüssig, dabei lange zu verweilen. Soviel übersehen Sie von selbst, daß die Venus, wenn sie sich ostwärts von der Sonne entfernt, schnell unter den Sternen fortrücken muß, weil die Sonne selbst schon eine Bewegung nach Osten hat, und die Venus ihr noch voraus eilt. Die Bewegung der Venus unter den Sternen ist dagegen langsam, ja sie kann in ein Rückwärtsgehen übergehen, wenn die Venus von der Ostseite der Sonne zu derselben zurückkehrt, und wenn sie an der Westseite der Sonne sich von ihr entfernt. — Und alle diese scheinbaren Stellungen der Venus erklären sich auf die einfachste und ungekünsteltste Weise, wenn wir auch der Erde eine Bewegung um die Sonne zuschreiben.

Wir sind also nun durch sehr bedeutende Gründe berechtigt, die Sonne als ruhend im Mittelpuncte des Planetensystems anzusehen, und die Erde als einen Planeten, der um die Sonne läuft, zu betrachten, und dieses nöthiget uns, die jährliche Bewegung der Sonne durch die Zeichen des Thierkreises nur als scheinbar, und von einer wahren Bewegung der Erde herrührend, anzusehen. Aber wie ist denn die eigentliche Bewegung der Erde beschaffen? — Wir sahen vorhin, daß die Axe der Erde das ganze Jahr durch gegen einerlei Puncte der Himmelskugel, oder gegen einerlei Sterne gerichtet bleibt, und da wir jetzt wissen, daß die Erde in dieser Zeit ihren Ort ansehnlich verändert, so folgt hieraus, daß die Erdaxe doch immer fort eine parallele Richtung behält, oder daß, wenn ABC (Fig. 48) die perspectivisch dargestellte Erdbahn, und EF die Axe der Erde ist, diese in A und in C und an jeder andern Stelle gegen einerlei Fixstern gerichtet bleibt. Diese unveränderliche Stellung der Erdaxe ist gegen die Ebene der Erdbahn geneigt, und daraus läßt sich leicht die Abwechselung der Jahreszeiten erklären. Steht die Erde in A, und

sieht nach der Richtung A D das Sternbild des Krebses, so sagen wir, die Sonne D steht im Krebse, oder auch wohl, sie durchläuft jetzt das Sternbild des Krebses. Indem die Sonne diese Stellung zu haben scheint, steht sie, wenn E der Nordpol der Erde, und folglich G H der Aequator ist, einem Puncte K, der nördlich vom Aequator liegt, im Zenith, und alle Orte der Erde sehen die Sonne um weniger als 90 Grade vom nördlichen Himmelspole entfernt, oder nördlich vom Aequator. Ist die Erde dagegen zum entgegengesetzten Puncte ihrer Bahn nach C gelangt, so hat ihre Axe die mit der vorigen parallele Lage E F, der Nordpol ist also von der Sonne abgekehrt, und die Sonne steht einem Puncte L, der südlich vom Aequator liegt, im Zenith. Diese Stellungen der Sonne, welche Statt finden, wenn die Erde in ihrer Bahn zwei einander entgegengesetzte Puncte erreicht hat, zeigen uns zugleich, was in der Zwischenzeit geschehen muß, obgleich sich das in unsrer Zeichnung nicht ganz deutlich darstellen läßt. Es muß nämlich die Sonne, wenn die Erde sich ohngefähr in der Mitte zwischen jenen Puncten in B oder K befindet, die Sonne auf dem

Aequator der Erde im Zenith stehen, und also beide Hälften der Erde gleich bescheinen. Die Verschiedenheit der Jahrszeit entsteht also auf der Erde dadurch, daß die immer parallel bleibende und gegen die Erdbahn geneigte Axe der Erde bald ihr nördliches, bald ihr südliches Ende mehr gegen die Sonne kehrt.

Daß uns, indem die Erde sich um die Sonne herum bewegt, die Sonne einen ganzen Kreis am Himmel zu durchlaufen scheint, wird Ihnen gewiß von selbst klar sein. Ist nämlich (Fig. 49) A die Sonne, und B die Erde, so sagen wir, die Sonne steht in dem Sternbilde, welches uns nach H zu liegt, und wenn die Richtung BH nach dem Widder hin geht, so sagen wir, die Sonne steht im Widder. Nach 2 Monaten ist die Erde nach C gekommen, und wir sehen jetzt den Widder nach der Richtung CH, also die Sonne beträchtlich vom Widder entfernt, nach der Richtung CK, wo die Zwillinge stehen. In den folgenden 2 Monaten ist die Erde nach D gekommen, und die Sonne noch weiter vom Widder weg in den Löwen gerückt, weil wir sie jetzt nach der Richtung DM sehen; am

Ende des 6ten Monats sieht man von der Erde, da sie in E steht, den Widder nach der Richtung EH und die Sonne grade nach der entgegengesetzten Richtung; — und so geht es fort bis die Erde in B zurückkömmt, und die Sonne den ganzen Kreis scheint durchlaufen zu haben. Da wir Erdbewohner die Bewegung der Erde nicht empfinden, sondern nur bemerken, daß die Sonne ihre Stellung ändert, so glauben wir immerfort in B zu bleiben, und weil wir im März die Sonne in H beim Widder, im Mai in K bei den Zwillingen, im September in I in der Wage, im Januar in N im Wassermann sehen, so war es natürlich, daß man zuerst die Sonne als den bewegten Körper, und die Erde als ruhend betrachtete; aber alle Erscheinungen müssen nun auch eben so erfolgen, wenn die Erde sich bewegt.

Nehmen wir auf die doppelte Bewegung der Erde Rücksicht, daß sie nämlich zugleich sich täglich um die immer parallel bleibende Axe dreht, und auch um die Sonne herumläuft: so erklären sich vollständig alle Erscheinungen des Fixstern-Himmels. Der Orion

geht

geht täglich in gleicher Höhe am Himmel hin, aber die Sonne entzieht uns zuweilen seinen Anblick, wenn sie ihm zu nahe steht, oder mit ihm zugleich auf- und untergeht, und deswegen wird er uns in einer gewissen Jahreszeit unsichtbar. Ist diese Jahreszeit eben vorbei, so hat die Erde ihre Stellung so verändert, daß wir den Orion nahe bei der Sonne des Morgens sehen, und weil uns die Sonne immer fortzurücken scheint, so sehen wir ihn unn immer längere Zeit vor Sonnenaufgang, und er erreicht einerlei Stellung am Himmel zu immer andern Tageszeiten, weil die Sonne, gegen welche wir unsre Stellung ändern, die Tageszciten bestimmt. — Doch ich halte mich vielleicht zu lange bei diesen Erscheinungen auf, die sich aus der Bewegung der Erde sehr leicht erklären lassen; ich will jetzt versuchen, Ihnen zu zeigen, wie die Entfernung der Planeten von der Sonne aus ihrer scheinbaren Bewegung bestimmt werden kann.

Ein umgedr. Blatt.

Neun und dreißigster Brief.

am 31. März.

Das also haben meine beiden letzten Briefe Ihnen deutlich gemacht, daß sich im Allgemeinen die einzelnen Umstände, welche wir bei Beobachtung der Planeten bemerken, erklären lassen, wenn wir annehmen, daß Erde und Planeten sich in Kreisen und mit unveränderter Schnelligkeit um die Sonne bewegen. Aber, fragen Sie, woher weiß man denn, daß der Mars sich grade in der bestimmten Entfernung von der Sonne befindet, und grade in der Zeit von 23 Monaten (wie Fig. 46 es angiebt) um die Sonne läuft, da doch bei jeder andern Entfernung und Umlaufszeit ganz ähnliche Erscheinungen Statt finden würden? — Ganz ähnliche Erscheinungen, aber nicht völlig gleiche! — Hierin liegt die Beantwortung jener Frage, und ich hoffe, es soll mir gelingen, Ihnen zu zeigen, wie man die verhältnißmäßigen Entfernungen der Planeten von der Sonne eben aus den scheinbaren Bewegungen bestimmt.

Wenn man den Himmel etwas anhaltend beobachtet, so bemerkt man, daß zwischen zwei

gleichen Stellungen des Mars in Beziehung auf die Sonne ohngefähr 2 Jahre und $1\frac{1}{2}$ Monate vergehen, das heißt, wenn Mars im Jahre 1807 im Anfange des März der Sonne grade gegenüber stand, so sehen wir ihn auch 1809 um die Mitte des Aprils wieder der Sonne grade gegenüber, und aus dieser leichten Beobachtung läßt sich die Umlaufszeit des Mars um die Sonne herleiten. Wir setzen hier voraus, daß Mars und Erde beide sich mit unveränderter Schnelligkeit um die Sonne bewegen, und ob wir gleich von der Erde, durch die Beobachtung des scheinbaren Fortrückens der Sonne, es schon wissen, daß ihre Bewegung nicht ganz gleichförmig ist, so dürfen wir doch für jetzt über diese nur kleinen Ungleichheiten wegsehen, und die Correctionen, die etwa deswegen nöthig sind, für genauere Untersuchungen aufsparen. Unter dieser Voraussetzung können wir annehmen, daß die Erde in $1\frac{1}{2}$ Monaten ein Zwölftel und ein halbes Zwölftel, das ist, ein Achtel ihrer Bahn durchläuft, und folglich wenn Mars uns einmal der Sonne gegenüber erschien, als die Erde in B (Fig. 50) stand, und das zweite Mal 2 Jahr und $1\frac{1}{2}$ Monate nachher, als die Erde sich in

D befand, so wissen wir, daß der Bogen BD ein Achtel der Erdbahn, und der Bogen CE ein Achtel der Marsbahn ist. Diese zweimalige Beobachtung der Zeit, da Mars der Sonne gegenüber steht, zeigt uns also, daß Mars in 2 Jahren und $1\frac{1}{2}$ Monaten oder in $25\frac{1}{2}$ Monaten seine Bahn ganz, und außerdem noch ein Achtel derselben durchlaufen hat, und wir dürfen schließen, daß er jedes Achtel in dem neunten Theile dieser Zeit, das ist in $2\frac{5}{6}$ Monaten, oder die ganze Bahn etwa in 23 Monaten durchlaufe.

Diese Bestimmung der Umlaufszeit des Mars setzt gar keine Kenntniß von der wahren Größe seiner Bahn oder von seinem Abstande von der Sonne voraus, und wir dürfen also diese Umlaufszeit als bekannt annehmen, wenn sie uns bei Bestimmung jenes Abstandes zu etwas dienen kann. Lassen Sie uns nun zu der Beobachtung der Bewegung des Mars kurz nach der Zeit, da er der Sonne gegenüber stand, zurückkehren. Die Beobachtung zeigt, daß Mars nach jenem Zeitpuncte noch 35 Tage rückgängig bleibt, und dann seine rechtläufige, ostwärts gerichtete Bewegung wieder anfängt; war also

B die Stellung der Erde, als Mars der Sonne gegenüber stand, so wird die Erde um etwas mehr als den zwölften Theil ihrer Bahn bis F in den 35 Tagen fortgerückt sein, und hier den Mars stillstehend sehen. Dieser scheinbare Stillstand des Planeten kann von nichts anderm herrühren, als daher, daß die von der bewegten Erde nach dem ebenfalls fortgerückten Mars gezogenen Linien eine kurze Zeit lang parallel bleiben, denn alsdann bleibt die Richtung, nach welcher wir den Mars sehen, für diese kurze Zeit ungeändert, und Mars scheint bei einerlei Fixsterne fortdauernd zu bleiben.

Wir wollen nun für die Größe der unbekannten Marsbahn verschiedne Hypothesen annehmen, und dieselbe gleichsam durch Probiren zu finden suchen. CE und ce sollen zwei Kreise vorstellen, von denen wir zu bestimmen versuchen, ob sie mit der Bahn des Mars übereinstimmen können. Das wenigstens wissen wir, daß Mars in einem Monate $\frac{1}{23}$ seines Kreises, also in 35 Tagen etwas mehr durchläuft, und mit Hülfe eines eingetheilten Kreises läßt sich leicht bestimmen, daß Mars in 35 Tagen nach G oder nach g kommen würde, je nachdem wir die größere

oder die kleinere Bahn als die richtige anneh- men. Stände Mars am Ende seiner rückgängigen Bewegung in g, so würde er um den Winkel, den FI und Fg mit einander machen, zurückgegangen sein, seit er der Sonne gegenüber stand; dieser Winkel ist aus der Beobachtung bekannt, und etwa 8 Grade groß, und wir würden also schon aus der Vergleichung dieses Winkels mit einem Winkel von 8 Graden wissen können, ob cge die wahre Bahn des Mars ist. Wollten Sie den Winkel zwischen FI und Fg wirklich abmessen, so würden Sie ihn beinahe 30 Grade, also viel zu groß finden; hingegen weicht FG wirklich um einen Winkel von 8 Graden von FI ab, und da FI den Stern bezeichnet, wo wir von B aus den Mars sahen, so würde Mars auf der Bahn CE wirklich in 35 Tagen um 8 Grade zurückgegangen zu sein scheinen. Diese Uebereinstimmung giebt also der Bahn CE schon einen großen Vorzug vor der andern, und die Ueberzeugung, daß diese Bahn die richtige sei, gewinnt noch, wenn wir das gleichzeitige Fortrücken beider Planeten in den nächsten Tagen genauer betrachten. Rückt z. B. die Erde in 10 Tagen von F nach D, so

würde der Mars auf der Bahn CGE von G nach H in eben der Zeit kommen, und da FG nnd DH wirklich parallel bleiben, so muß Mars uns als stillstehend erscheinen, — und dieses bezeugt, daß CE die richtige Bahn ist, oder daß die Entfernungen des Mars und der Erde von der Sonne nach richtigem Verhältnisse gezeichnet sind. Hätte man cge für die Bahn des Mars angenommen, so würde man gh als den Weg des Mars für die Zeit, da die Erde von F bis D rückt, gefunden haben, und die Richtungen Fg, Dh, nach welchen der Mars uns am Anfange und Ende dieser Zeit erscheint, sind nicht so vollkommen parallel, als es bei der größern Bahn der Fall war.

Was diese Zeichnung im Kleinen zeigt, das kann man nun durch größere Zeichnungen, und vorzüglich durch Berechnung noch weit genauer finden, und es ist also möglich, wenn die Größe der Erdbahn bekannt ist, auch die Größe der Bahnen aller obern Planeten anzugeben, ohne dabei andre Beobachtungen als die erwähnten zum Grunde zu legen. Bei den untern Planeten geben die Zeiträume, in welchen diese sich

von der Sonne entfernen, und wieder zu ihr zurückkehren, uns Hülfsmittel zu ähnlichen Bestimmungen. Durchliefe (Fig. 51) die Venus eine sehr kleine Bahn um die Sonne, wie BCD, so würde uns die Zeit, da sie von der Sonne wegrückt, nicht viel von der Zeit, in welcher sie zu ihr zurückkehrt, verschieden vorkommen können, und schon aus der Ungleichheit jener Zeiten kann man die wahre Größe der Venusbahn bestimmen. Noch einleuchtender aber ist es, daß Venus, wenn sie sich in der Bahn BCD bewegte, nie eine so große scheinbare Entfernung von der Sonne erlangen könnte, als wenn sie die größere Bahn EFG durchläuft, und der Beobachter sich immer auf der Erdbahn HIK, in bestimmter Entfernung von der Sonne befindet. Ich will noch einige Augenblicke bei der nähern Bestimmung der Venusbahn verweilen.

Wenn wir einmal, während die Erde sich in H befand, (Fig. 51) die Venus ganz nahe bei der Sonne sehen, so lehrt die Beobachtung, daß eben die Erscheinung sich nach etwa 19 Monaten wieder ereignet, also ohngefähr nachdem die Erde einen Umlauf vollendet hat, und zum zweiten Male nach I gekommen ist. Nach

diesem Zeitraume ist also Venus wieder in der Linie AI, und da der Bogen HLI sieben Zwölftel der Erdbahn ausmacht, so ist EMF sieben Zwölftel der Venusbahn, wenn EFG die Bahn der Venus ist. In diesen 19 Monaten hat die Erde einen ganzen Umlauf vollendet, und noch $\frac{7}{12}$ außerdem, die Venus, welche der Erde voraus geeilt war, hat 2 Umläufe und $\frac{7}{12}$ eines Umlaufs vollendet, und eine leichte Rechnung zeigt, daß Venus zu einem ganzen Umlaufe etwas mehr als 7 Monate oder genauer 225 Tage gebraucht. Wir sind also nun im Stande, auch für jede andre Zeit anzugeben, welchen Theil ihrer Bahn Venus durchlaufen hat, wenn wir gleich die Größe dieser Bahn noch nicht kennen.

Die Beobachtung zeigt, daß Venus, nachdem sie in dem Theile ihrer Bahn, welcher der Erde am nächsten liegt, uns in der Nähe der Sonne erschienen ist, etwa $2\frac{1}{2}$ Monate gebraucht, um ihre größte scheinbare Entfernung von der Sonne zu erlangen; hatten wir also, als die Erde in H stand, jene Erscheinung beobachtet, so werden wir nach $2\frac{1}{2}$ Monaten die Venus in ihrem größten westlichen Abstande von der Sonne

sehen. Nach dieser Zeit ist die Erde bis L fortgerückt, und Venus hat etwa $\frac{1}{3}$ ihrer Bahn zurückgelegt, sie steht also, je nachdem wir BCD oder EMF für ihre Bahn annehmen, entweder in C oder in M. Zieht man die Linie LC, so zeigt sich gleich, daß Venus auf der Bahn BCD nicht jetzt in C die größte mögliche Entfernung von der Sonne erlangt hat, denn eine Linie Lc nach einem andern Puncte der Venusbahn macht mit der nach der Sonne von der Erde aus gezogenen Linie LA einen größern Winkel, und es würde also Venus erst dann ihren größten Abstand von der Sonne erreichen, wenn sie so weit der Erde voraus geeilt ist, als c vor L voraus liegt. Dagegen läßt sich nach keinem Puncte des Kreises EMF von L aus eine Linie ziehen, die einen größern Winkel mit AL machte, als LM damit macht, und Venus kann daher, wenn EMF ihre wahre Bahn ist, nie weiter von der Sonne entfernt erscheinen, als jetzt in M, denn diese Entfernung wird ja eben durch jenen Winkel bestimmt. Die Bahn EMF ist also die richtige, weil sie die Zeit des größten Abstandes von der Sonne richtig darstellt. — Sie stellt aber zugleich auch

die Größe dieses Abstandes richtig dar; denn, statt daß LC oder Lc nur Winkel von 8 oder 10 Graden mit AL machen, ist der Winkel, den LM und LA einschließen, 45 Grade, und grade so groß zeigt auch die Beobachtung den größten Abstand der Venus von der Sonne.

So reicht also eine kleine Anzahl von Beobachtungen hin, um die Umlaufszeiten der Planeten um die Sonne, und ihre Abstände von derselben genau zu bestimmen, wenigstens dann, wenn es erlaubt ist, die Bahnen der Erde und Planeten als Kreise, in deren Mittelpuncte die Sonne liegt, zu betrachten, und die Bewegung eines jeden Planeten als immer gleich schnell anzunehmen. Aber diese Abstände lassen sich nur dann in Meilen oder einem andern Maaße genau angeben, wenn die Größe der Erdbahn oder die Entfernung der Sonne von der Erde bekannt ist; denn unsre Zeichnung, und so auch die Rechnung zeigt nur, welches Verhältniß die Größe der Planetenbahn zur Erdbahn hat, läßt aber den Maaßstab zu der Figur oder die wahre Größe der Erdbahn gänzlich unbestimmt. Wir können also nun wohl sagen, daß die Entfernung der Venus

von der Sonne etwa $\frac{3}{4}$ von der Entfernung der Erde von der Sonne beträgt, aber die Bestimmung der wahren Größe dieser Entfernungen muß erst durch andre Hülfsmittel gefunden werden. Diese Bestimmung gehört zu den mühsamsten in der ganzen practischen Astronomie, weil die Größen, auf deren Beobachtung es hier ankömmt, sehr klein sind, und mit der äußersten Accuratesse beobachtet werden müssen, wenn man genaue Resultate erhalten will. Alles kömmt hier darauf an, die Parallaxe der Sonne zu bestimmen, oder anzugeben, um wie viel die Richtungen verschieden sind, nach welchen man an verschiedenen Orten der Erde zu einerlei Zeit die Sonne sieht. Diese Parallaxe ist aber so äußerst klein, daß man um mehr als eine Million Meilen in der Entfernung der Sonne irrt, wenn man sie für die entferntesten Puncte der Erde um eine Secunde (das ist um $\frac{1}{2000}$ des scheinbaren Durchmessers der Sonne) unrichtig annimmt. Ganz genau in dem Sinne, wie wir Größen auf der Erde genau angeben, kann also die Entfernung der Sonne von uns nicht bestimmt werden; nur durch sehr viele, genaue und sorgfältig mit einander verglichene

Beobachtungen hat man jene Entfernung bis auf 100000 Meilen genau bestimmen können, und so viel mit Sicherheit festgesetzt, daß sie nahe an 21 Millionen Meilen beträgt, — eine Entfernung, welche über 400 mal so groß als die des Mondes von der Erde ist. Ich setze Ihnen hier ein kleines Täfelchen von den Entfernungen der Planeten von der Sonne und von ihren Umlaufszeiten her, welches Ihnen vermuthlich angenehm sein wird, auch zeigt Fig. 59 die verhältnißmäßige Größe dieser Bahnen.

Mittlere Entfernungen von der Sonne

	in geographischen Meilen.	in Halbmessern der Erdbahn.	Umlaufszeiten. Jahr.	Tage.	St.
Mercurius	8000000	$\frac{38710}{100000}$		87.	23
Venus	15000000	$\frac{72333}{100000}$		224.	17
Erde	20700000	1		365.	6
Mars	31500000	$1\frac{52369}{100000}$	1.	321.	17
Vesta	48900000	$2\frac{36208}{100000}$	3.	230.	—
Juno	53800000	$2\frac{66918}{100000}$	4.	131.	—
Ceres	57300000	$2\frac{76725}{100000}$	4.	220.	—
Pallas	57300000	$2\frac{76895}{100000}$	4.	222.	—
Jupiter	107700000	$5\frac{20117}{100000}$	11.	314.	20
Saturnus	197400000	$9\frac{53787}{100000}$	29.	166.	20
Uranus	397100000	$19\frac{18330}{100000}$	84.	8.	—

	Größte Entfernung von der Sonne in geogr. Meilen.	Kleinste Entfernung von der Sonne in geogr. Meilen.
Mercurius	9600000	6400000
Venus	15100000	14900000
Erde	21000000	20400000
Mars	34400000	28600000
Vesta	53200000	44600000
Juno	67500000	40100000
Ceres	61800000	52800000
Pallas	71300000	43300000
Jupiter	112900000	102500000
Saturnus	208500000	186300000
Uranus	415600000	378600000

Vierzigster Brief.

am 7. April.

Ich erhalte so eben Ihre Beantwortung meiner beiden letzten Briefe. Sie sagen, so sehr passend Sie die Erklärung der Erscheinungen, so wie ich sie Ihnen mitgetheilt habe, finden, so wäre es doch interessant zu wissen, ob denn

keine andre genügende Erklärung der Beobachtungen möglich ist. — Ich kann diese Aufforderung, Ihnen etwas von andern Hypothesen über die Ordnung des Planetensystems mitzutheilen, nicht so ganz vorbeilassen, obgleich Sie mir erlauben werden, diesen Gegenstand kurz abzuhandeln.

Da die Bewegung der Erde uns nicht bemerkbar ist, so waren die Astronomen lange Zeit geneigt, die Erde wirklich als ruhend zu betrachten, und mußten also der Sonne eine wahre Bewegung beilegen, und auch die Bewegungen der Planeten auf ganz andre Weise erklären, als wir jetzt thun. Selbst die Umdrehung der Erde um ihre Axe kannte man sehr lange Zeit nicht, sondern glaubte, der ganze Sternhimmel vollende täglich einen Umlauf um die Erde; ich werde indeß diese ganz unhaltbare Meinung hier nicht weiter erwähnen, und bloß etwas von den Vermuthungen anführen, wodurch man die Hypothese von der jährlichen Bewegung der Erde zu vermeiden suchte. Unter den ältern Erklärungen ist das sogenannte Ptolemäische Weltsystem das merkwürdigste. Ptolemäus nahm die Erde als ruhend an, und

legte dem Monde, der Sonne und den Planeten eine Bewegung um die Erde von Westen nach Osten bei. Diese einfache Bewegung erklärte aber nur die Erscheinungen des Mondes und der Sonne genügend, und er mußte eine andre sehr sinnreiche Hypothese zu Hülfe nehmen, um die rückgängigen Bewegungen der Planeten zu erklären. Er sagte nämlich, wenn A die Erde sei, so bewege sich z. B. der Mars nicht eigentlich auf dem Kreise BCD (Fig. 52), sondern er durchlaufe den Kreis EFG, während dieser selbst um die Erde herumgeführt werde. Sie werden sich von dieser zusammengesetzten Bewegung am besten einen Begriff machen können, wenn Sie sich die Bewegung des Mondes vorstellen, so wie sie nach unserer vorigen Supposition, daß die Erde um die Sonne laufe, wirklich ist. Da der Mond immer die Erde begleitet, so läuft auch er jährlich einmal um die Sonne, aber nicht in einer kreisförmigen Bahn, sondern indem er einen Kreis um die Erde beschreibt, welche selbst einen Umlauf um die Sonne macht. So ohngefähr sollte sich also der Mars bewegen um einen Mittelpunct, der selbst einen Umlauf um die Erde macht.

Sie

Sie werden leicht übersehen, daß sich aus dieser Hypothese, wenn man die Größe des Kreises E F G, und die Zeit eines Umlaufs auf demselben gehörig annimmt, die Erscheinungen der rückgängigen Bewegung erklären lassen; denn wenn der Mittelpunct H nach B zu rückt, und der Planet unterdeß von G gegen F läuft, so kann er uns rückläufig scheinen, obgleich er seine doppelte Kreisbewegung immer gleichförmig fortsetzt. Auf ähnliche Weise erklärte Ptolemäus die Ungleichheiten in der scheinbaren Bewegung der Sonne, und die nach jener Hypothese noch nicht erklärbaren Ungleichheiten in der Bewegung der Planeten, indem er theils annahm, die Erde stehe nicht genau im Mittelpuncte der Sonnenbahn, und theils auch den Mittelpunct jenes Kreises E F G nicht auf dem Kreise B C D selbst fortrücken ließ, sondern auf einem kleinen Kreise, der sich längs B C D hin bewegte. Diese Kreise, deren Mittelpuncte auf andern Kreisen fortrückten, häufte man bei jeder neu entdeckten Ungleichheit in der Bewegung der Himmelskörper so sehr, daß man endlich einsehen mußte, daß eine solche Verwickelung der Einfachheit der Natur nicht angemessen

sein könne, und das System des Copernicus, welches ich Ihnen in den vorigen Briefen erklärt habe, gewann bei denen, die nicht durch Vorurtheile geblendet waren, bald durch seine große Einfachheit den Vorzug vor jener Hypothese. Indeß versuchte doch selbst Tycho de Brahe, einer der größten Astronomen jener Zeit, dem alten Systeme durch eine merkwürdige Verbesserung mehr Haltbarkeit zu geben. Er gestand nämlich zu, daß die Planeten (außer der Erde) sich um die Sonne bewegten, behauptete aber, die Sonne selbst laufe um die Erde, und führe dann alle Planeten so mit sich fort, wie nach unsrer Copernicanischen Hypothese die Erde den Mond mit um die Sonne führt. Nach Tycho ist also (Fig. 52) der Kreis B C D, auf dem die Mittelpuncte der Planetenbahnen fortrücken, die Bahn der Sonne und H ist die Sonne; diese Planetenbahnen E G F sind für Venus und Mercurius kleiner als die Sonnenbahn, so wie e f g, für Mars und die übrigen Planeten sind sie größer, so wie E F G und schließen die Erde mit in sich ein. Nach dieser Hypothese ließen sich sehr viele Erscheinungen erklären; aber manches blieb doch unerklärt, wie ich in

der Folge noch gelegentlich sagen werde, und Tycho's Beobachtungen selbst waren es vorzüglich, aus denen Kepler einige Jahre nachher die wichtigsten Beweise für das Copernicanische System herleitete, und welche ihm dazu dienten, dieses zu vervollkommnen.

Ich glaube, daß diese kurze Erzählung hinreichend sein wird, Ihnen von andern Erklärungen der Welt-Ordnung einen Begriff zu geben, und ich verweile daher nicht dabei, Ihnen umständlich anzugeben, bis zu welchem Puncte jene Erklärungen genügend waren. Die Ptolemäische ist ohnehin zu verwickelt, um Beifall zu verdienen, und die Tychonische konnte wenigstens nicht länger für gültig angenommen werden, als bis zur Entdeckung der Kraft, welche die Bewegungen der Planeten bestimmt, wie ich Ihnen zu einer andern Zeit zeigen werde. Wir haben also allen Grund, die Meinung, daß die Erde um die Sonne läuft, als die beste anzunehmen, und müssen nun sehen, was die Beobachtungen uns weiter über diese Bewegung der Erde lehren.

Sie werden sich aus einem meiner vorigen Briefe erinnern, daß die Entfernung der Erde

von der Sonne nicht immer gleich groß bleibt, und daß also die Erdbahn, wenn sie ein genauer Kreis ist, einen Mittelpunct haben muß, der nicht genau mit der Sonne zusammenfällt.

Sie übersehen leicht, daß man aus den täglich gemessenen Durchmessern der Sonne die jedesmalige Annäherung oder Entfernung der Erde gegen sie bestimmen, und folglich, weil man auch das Fortrücken der Erde auf ihrer Bahn aus dem scheinbaren Fortrücken der Sonne kennt, die ganze Bahn zeichnen kann. Thut man dieses wirklich, so findet man die Figur der Erdbahn so, wie Fig. 53 merklich von einem Kreise, dessen Mittelpunct die Sonne A wäre, verschieden. Aber auch die Bewegung der Erde auf dieser Bahn ist nicht gleichförmig, sondern in der größern Entfernung von der Sonne langsamer, und in geringerer Entfernung von ihr schneller, welches sich aus den Beobachtungen der Sonne beweisen läßt. Denn, obgleich wir aus dem scheinbaren Fortrücken der Sonne nicht ganz unmittelbar die wahre Schnelligkeit der bewegten Erde kennen lernen, indem es gewiß ist, daß bei gleicher Geschwindigkeit der Erde das Fortrücken der

Sonne uns größer erscheinen muß, wenn wir ihr näher sind: so ergiebt doch die nach den Beobachtungen entworfne Zeichnung, daß nicht dieses allein die Ursache des ungleichen Fortrückens der Sonne ist, sondern daß wirklich der Weg, den die Erde im December zurücklegt, bedeutend größer ist als der, welchen sie im Juni durchläuft. In der Zeichnung, Fig. 53, ist der Weg, den die Sonne in jedem Monate zurücklegt, angegeben, und schon diese nach einem so kleinen Maaßstabe verfertigte Zeichnung läßt jene Ungleichheit bemerken, und eine genauere Vergleichung der Beobachtungen zeigt, daß die Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn in eben dem Verhältnisse abnimmt, wie die Entfernung von der Sonne wächst, oder eigentlich, daß die von der Sonne nach der Erde gezogene Linie in gleichen Zeiten gleiche Räume durchläuft. Dieses Gesetz, welches auch durch andre Beobachtungen bestätiget wird, und sich durch alle Vergleichungen als ganz genau bewährt hat, kann uns nun wieder dienen, die Figur der Erdbahn noch genauer zu bestimmen. Da man nämlich das scheinbare Fortrücken der Sonne weit genauer beobachten kann, als die

kleinen Aenderungen ihrer scheinbaren Größe: so läßt sich, sobald man jenes Gesetz als richtig annimmt, aus der beobachteten Verrückung der Sonne die Geschwindigkeit der Erde, und daraus dann die Entfernung von der Sonne herleiten, welche die Erde jedesmal haben muß, damit der in gleichen Zeiten zurückgelegte Flächenraum ihrer Bahn gleich groß werde. Und diese Untersuchung führte dann dahin, daß man sich überzeugte, die Erdbahn sei kein genauer Kreis, sondern an den beiden Seiten, da nämlich, wo die Erde sich ohngefähr in ihrer mittlern Entfernung von der Sonne befindet, abgeplattet, oder sie sei oval. Schon Kepler leitete vor 200 Jahren aus Tycho's Beobachtungen diesen Schluß ab, und kam, nach einigen andern Vermuthungen über die Gestalt der Erdbahn, die ihn nicht befriedigten, weil sie mit den Beobachtungen nicht genau genug übereinstimmten, auf die richtige Vermuthung, daß die Erdbahn eine Ellipse sei, und daß auch die übrigen Planeten in Ellipsen um die Sonne laufen. Er prüfte diese Vermuthung durch eine Vergleichung mit andern Beobachtungen auf eine Weise, wovon ich Ihnen nächstens einen

Begriff zu geben hoffe, und fand sie völlig mit den Beobachtungen harmonirend, und sein Scharfsinn ist es, dem wir diese Entdeckung verdanken, und der auch das Gesetz, wie die Geschwindigkeit der Erde mit der Annäherung zur Sonne zunimmt und mit der Entfernung abnimmt, auffand.

Aber werden Sie fragen, was ist denn die Ellipse für eine Linie, und wodurch unterscheidet sie sich von andern Ovalen? — Ich will Ihnen zuerst sagen, wie man die Ellipse zeichnet, dann werden die übrigen Fragen sich so ziemlich von selbst beantworten. Nehmen Sie (Fig. 54) zwei Puncte A und B auf dem Papier oder der ebnen Fläche, wo die Ellipse gezeichnet werden soll, willkührlich an; setzen Sie in diese Puncte zwei Stiftchen oder Nadeln, und befestigen daran die beiden Enden eines Fadens, der länger als die Entferung A B sein muß. Diesen Faden A C B dehnen Sie durch einen Stift C so aus, daß beide Enden grade sind, und führen nun den Stift, indem er an dem stets gespannt bleibenden Faden fortgeleitet wird, nach E, und dann wieder über C nach D zu, so haben Sie die halbe Ellipse, und wenn Sie

den Faden nach der andern Seite, nach F, bringen, und eben so verfahren, so ist die ganze Ellipse gezeichnet. Die Haupteigenschaft der Ellipse ist also die, daß, wenn man von verschiedenen Puncten C und G ihres Umfangs grade Linien nach den Puncten A und B zieht, diese Linien A G, B G zusammen eben so lang sind, als A C, B C zusammen, und daß dieses für alle Puncte im Umfange der Ellipse gilt. — Die Puncte A und B heißen die Brennpuncte der Ellipse. — Ein Oval ist also nur dann eine Ellipse, wenn sich zwei Puncte A und B darin finden, deren Entfernungen von jedem Puncte des Umfangs zusammen genommen, immer gleich groß bleiben, oder wenn, indem man auf dem Umfange fortgeht, die Entfernung von A eben so viel abnimmt, als die Entfernung von B zunimmt.

Um die beiden Brennpuncte A und B lassen sich unzählige verschiedene Ellipsen zeichnen, die desto länglichter ausfallen, je weniger die Länge des Fadens die Entfernung A B übertrifft, und die sich desto mehr einem Kreise nähern, je länger man den Faden nimmt, dessen man sich zur Zeichnung bedient. Diese

Linien stimmen also in ihrer Figur nicht so genau unter einander überein, als die Kreise, aber wir nennen sie alle Ellipsen, weil sie jene Haupteigenschaft gemeinschaftlich haben. Die Brennpuncte haben ihren Namen von folgender Eigenschaft. Wenn Sie sich eine auf dem Papiere senkrecht stehende und nach der Ellipse gekrümmte Spiegelfläche vorstellen, und annehmen, im einen Brennpuncte B werde eine Kohle gehalten, so verursacht diese im andern Brennpuncte A eine sehr große Hitze, wegen der vom Spiegel zurück geworfenen Wärmestrahlen, und darum heißen A und B die Brennpuncte.

Zu diesen Ellipsen nun gehören alle Planetenbahnen, ja selbst die Bahnen der Cometen, und die Sonne steht im einen Brennpuncte aller dieser Bahnen.

Ein und vierzigster Brief.

am 14 April.

Der Satz, mit welchem ich meinen letzten Brief beschloß, daß alle Planetenbahnen Ellipsen sind, in deren einem Brennpuncte die Sonne steht, gehört zu den wichtigsten in der ganzen Astronomie, und ich darf Ihnen daher den Beweis dafür nicht schuldig bleiben. Für jetzt werde ich Ihnen nur sagen, wie man die Wahrheit dieses Satzes in Rücksicht auf die Bahnen der Planeten auffand, und von den Cometen noch einmal besonders reden.

Schon die älteren Astronomen bemerkten, daß derselbe Planet nicht jedesmal, wenn er der Sonne gegenüber stand, genau gleiche Erscheinungen zeigte, sondern daß seine rückläufige Bewegung zuweilen schneller, zuweilen langsamer war, und der Bogen, den er rückläufig durchlief, das eine Mal mehr, das andre Mal weniger betrug. Man bemerkte bald, daß diese Ungleichheit davon abhänge, daß der Planet nicht immer in einerlei Puncte seiner Bahn steht, wenn er uns der Sonne gegenüber erscheint, oder mit der Sonne in Opposition ist, und daß

die Erscheinungen nur dann völlig gleich werden, wenn der Planet bei einem gleichen Stande gegen die Sonne sich zugleich auch bei eben den Sternen befindet. Der Mars z. B. stand in diesem Jahre im Löwen, als er der Sonne gegenüber erschien; aber die letztere Erscheinung trifft nicht immer ein, wenn Mars im Löwen steht, und fortgesetzte Beobachtungen ergeben, daß die Erscheinungen seines Zurückgehens und Stillstandes nur dann genau mit den dießjährigen übereinstimmten, wenn Mars sich zur Zeit der Opposition ebenfalls im Löwen befand, hingegen am meisten von den dießjährigen verschieden waren, wenn er bei der Opposition in der entgegengesetzten Gegend des Himmels, im Wassermanne, stand. In diesem Jahre 1807 durchläuft der Mars vom Anfange bis zum Ende seiner rückgängigen Bewegung mehr als 19 Grade in 78 Tagen, dagegen betrug im Jahre 1798, als er bei der Opposition, oder der Sonne gegenüber im Wassermanne stand, sein gesammter rückgängig zurückgelegter Weg wenig über 10 Grade, und er war nur etwa 60 Tage lang rückgängig, und diese Erscheinungen sind also so merklich verschieden, daß der Unterschied

schon einem mittelmäßigen Beobachter auffallend werden mußte.

Ich will Sie mit dem, was die älteren Astronomen zur Erklärung dieser Ungleichheit sagten, nicht unterhalten, sondern Ihnen ohngefähr einen Begriff von der Methode geben, welche Kepler anwandte, um die wahre Bahn des Mars, und dann auch die wahre Bahn der Erde zu bestimmen. Soviel ließ sich aus den erwähnten Beobachtungen leicht abnehmen, daß Mars nicht alle Theile seiner Bahn gleich schnell durchlaufe, aber es kam nun vor allem darauf an, zu bestimmen, bei welchem Sterne Mars jedesmal einem auf der Sonne befindlichen Beobachter erscheine. Da die Sonne ruhet, und überdas so ziemlich im Mittelpuncte der Planetenbahnen steht, so müßten einem auf der Sonne befindlichen Beobachter die Bewegungen der Planeten weit regelmäßiger als uns erscheinen; jener Beobachter kann doch seinen Standpunct als unveränderlich ansehen, und weiß also, daß die Aenderungen, welche er in der Stellung der Planeten bemerkt, bloß von der Bewegung des Planeten herrühren; fehlt es ihm also auch noch an Mitteln, um die jedes-

malige Entfernung des Planeten von der Sonne zu bestimmen, so kennt er doch genau die Gegend oder die Richtung, wo der Planet sich befindet, und kann daraus schon manche wichtige Schlüsse herleiten.

Wenn ein Planet uns der Sonne grade gegenüber oder mit der Sonne in Opposition erscheint: so sehen wir ihn so ziemlich bei eben dem Sterne, wo er von der Sonne aus gesehen erscheint, und wir würden ihn ganz genau bei eben dem Sterne sehen, wenn die Planetenbahn mit der Erdbahn in einer Ebene läge, so wie ich es auf dem Papiere zeichne, und es fürs erste annehmen werde; — von der Abweichung der Planetenbahnen von der Ebene der Erdbahn werde ich nachher etwas sagen, hier können wir davon ganz absehen. Jede Opposition des Mars giebt uns also für diesen bestimmten Zeitpunct die wahre Richtung, nach welcher ein Sonnenbewohner den Mars sieht. Lassen Sie (Fig. 55) A die Sonne, B die Erde, C den Mars bei der dießjährigen Opposition bedeuten, so ist A C die Linie, auf welcher Mars sich bei dieser Opposition befand; zur Zeit der nächsten Opposition wird er etwa

in der Richtung A D von der Sonne aus gesehen werden, und so erreicht er für mehrere folgende Oppositionen andre Stellungen. Da die Beobachtungen der Planeten schon vor Kepler mehrere Jahrhunderte lang fortgesetzt waren, so wußte man, daß Mars zwar in verschiedenen Puncten seiner Bahn der Sonne gegenüber stehen kann, daß aber nach 32 Jahren allemal eine Opposition erfolgt, welche der ganz ähnlich ist, die man 32 Jahre früher beobachtet hatte. Ich sagte Ihnen in einem meiner vorigen Briefe, man habe aus zwei nach einander folgenden Oppositionen des Mars seine Umlaufszeit berechnet: — dieses war aber nur unter der Voraussetzung möglich, daß Mars und Erde sich mit immer völlig gleich bleibender Geschwindigkeit und im Kreise um die Sonne bewegten, welches nicht genau der Fall ist; wollte man also die Umlaufszeit des Mars genauer haben, so mußte man mehrere Oppositionen abwarten, und eigentlich die Zeit abwarten, wo er bei der Opposition wieder im Löwen stand, wenn man ihn einmal im Löwen der Sonne gegenüber beobachtet hatte. Die Beobachtung zeigte, daß dieses nach 32 Jahren erfolgte, und daß

dann Mars 17 Umläufe um die Sonne gemacht hatte, und hieraus ließ sich nun seine Umlaufszeit genauer finden. Die Beobachtungen zeigten auch, daß er zu jedem ganzen Umlaufe gleich viel Zeit gebrauchte, und die übrigen Oppositionen, wo der Mars nicht im Löwen stand, gaben jetzt an, in welcher Zeit Mars von C nach D, von D nach E und so weiter gelangte, wenn A D, A E die Richtungen waren, nach welchen er bei verschiedenen Oppositionen von der Sonne aus gesehen ward. So gelangte man also dahin, voraus berechnen zu können, wenn der Mars nach D, nach E und nach jedem andern Puncte seiner Bahn hinkäme, oder bei welchem Sterne Mars in jedem Augenblicke einem Sonnenbewohner erschiene, und es war nun nicht schwer, die Bahn des Mars genauer kennen zu lernen.

Wollte man auch bei dieser Untersuchung alles vermeiden, was wegen der noch nicht genau bekannten Figur der Erdbahn Irrthümer in die Schlüsse bringen konnte: so durfte man doch das mit Sicherheit annehmen, daß, wenn die Erde sich heute in B befindet, nach einem Jahre, oder wenn uns die Sonne einen genauen

Umlauf um den Himmel vollendet zu haben scheint, die Erde gewiß wieder in B angelangt ist, und daß also unser Standpunct alsdann ganz derselbe ist, wie ein Jahr früher. Für jeden Zeitpunct, und also auch für den Zeitpunct, da die Erde in B ankömmt, kannte man aus den vorigen Beobachtungen die Stellung des Mars gegen die Sonne, und wenn man ihn nun von der Erde aus beobachtete, und z. B. in der Richtung B D fand, so wußte man, daß er grade in dem Durchschnittspuncte der bekannten Richtungslinien A D, B D, also grade in D stehen müsse, und weder näher bei der Erde noch entfernter von ihr sein könne. Hätte man nach mehreren Jahren, als die Erde wieder in B war, den Mars in E gesehen, so wäre damit ein neuer Punct seiner Bahn völlig genau bestimmt, und so könnte man offenbar zu einer ganz genauen Kenntniß der ganzen Marsbahn nach und nach gelangen. Sie werden vielleicht diese Methode sehr langweilig finden, da man auf diese Weise alle Jahre nur einen einzigen Punct der Marsbahn bestimmen könnte; aber Sie müssen sich erstlich erinnern, daß Kepler eine große Menge von Beobachtungen

gen vorfand, aus denen er nur die passendsten auszusuchen brauchte, und zweitens, daß man die Figur der Erdbahn schon einigermaßen kannte, und deßwegen auch Beobachtungen gebrauchen konnte, die nicht genau von B aus angestellt waren; mir kam es hier nur darauf an, Ihnen die Sache möglichst einfach und überzeugend darzustellen, ohne Sie die Verwickelungen sehen zu lassen, aus denen der Scharfsinn der Astronomen mit mehr Schwierigkeit das entwickeln mußte, was sie zu bestimmen wünschten.

Auch die Figur der Erdbahn ließ sich nun aus der bekannten Bewegung des Mars genauer bestimmen, wenn man die Stellung dieses Planeten gegen die Sterne beobachtete. Wußte man nämlich aus dem, was ich Ihnen eben erzählt habe, daß grade heute zu einer bestimmten Stunde der Mars sich in D befinde, und kannte man zugleich aus Beobachtungen der Sonne die Richtung B A, nach welcher uns zu eben der Zeit die Sonne erscheint: so ergab sich aus der Beobachtung des Mars der genaue Punct B, wo die Erde stehen mußte. Denn da die Richtung B D, nach welcher wir in einem bestimmten Augenblicke den Mars sehen,

durch die Sterne, bei denen er uns erscheint, ganz genau bestimmt ist, so können wir mit Sicherheit wissen, daß die Erde nicht in b sein kann, weil b D nach einem andern Sterne gerichtet sein würde; und da wir zugleich wissen, daß die Erde grade in der Linie A B stehen muß, so bestimmt sich ganz genau der Punct B, wo die Erde sich befindet. So konnte man mehrere Puncte der Erdbahn bestimmen, und endlich die ganze Figur der Erdbahn. Dieses war die erste Grundlage zu Kenntnissen, die nachher durch jede Beobachtung bestätiget oder vervollkommnet wurden. Denn hatte man einmal die Figur der Erdbahn und Marsbahn bestimmt, und glaubte man für jeden Augenblick die Stellung beider Planeten genau angeben zu können, so gab nun jede einzelne Beobachtung eine Prüfung jener Kenntnisse, indem die Beobachtung genau mit der Vorausberechnung übereinstimmen mußte; geschah dieses nicht, so bedurften die Gründe der Vorausberechnung noch einer Verbesserung, und Sie sehen leicht ein, daß der Fleiß der Astronomen, die nun schon so viele Jahre, ja Jahrhunderte durch mit immer steigender Genauigkeit und mit immer mehr ver-

besserten Instrumenten den Himmel beobachtet haben, uns endlich zu einer Genauigkeit in dieser Kenntniß des Sonnensystems bringen mußte, die in der That wenig mehr zu wünschen übrig läßt. Auch brauchen wir nicht zu fürchten, daß die Astronomen uns hintergehen, daß sie uns mit Angaben täuschen, die sie selbst nicht für so genau halten; denn ihre Beobachtungen liegen vor aller Welt Augen da, und jeder der Lust hat, kann sie prüfen und selbst sehen, ob die Resultate daraus folgen, welche man daraus hergeleitet hat. Freilich muß derjenige, welcher dieß thun will, Mathematik lernen, und wenn Mercier, wie Benzenberg erzählt, seine astronomischen Gespräche mit einem: je ne suis pas géometre — anfing, so hieß das gradezu: ich verstehe von der Sache nichts! und das Urtheil eines solchen ist grade so viel werth, als das Urtheil eines Tauben über Mozarts Zauberflöte. *) Mercier wollte nämlich gern

*) Anmerkung des Setzers. Diese Vergleichung ist nicht ganz passend, denn da, wie kürzlich die Zeitung berichtete, jetzt die Tauben in Paris Concerte geben, so wäre es hart, ihnen das Urtheil hierüber absprechen zu wollen. Vermuthlich wird

die Welt bereden, die Astronomen sagten lauter Unwahrheit, und glaubten selbst das nicht, was sie andern vorfabelten; aber sein Räsonnement ist in der That nicht viel besser, als die pfiffige Bemerkung jenes Blinden, der eine Beschreibung der rothen Farbe angehört hatte und begriffen zu haben glaubte; dieser meinte nämlich, die rothe Farbe schiene ihm ziemlich mit dem Tone der Schallmei übereinzukommen! —

Doch wir wollen diesen Herrn seinen Weg zur Vergessenheit ruhig fortwandern lassen; Ihnen, hoffe ich, wird es klar sein, daß wir alle Mittel haben, um das wirklich zu entdecken, was die Astronomen über die Bewegungen der Himmelskörper entdeckt zu haben behaupten. Wie weit die Genauigkeit in den Bestimmungen sich treiben lasse, das kann man zwar, ohne selbst Astronom zu sein, und ohne selbst die Arbeiten der Astronomen recht sorgfältig untersucht zu haben, nicht vollkommen

man auch bald die Blinden darauf dressiren, große Mahler zu werden, und die Krüppel zu Operntänzern ausbilden. Es geht doch wirklich mit der Aufklärung heutiges Tages weit!

bestimmen; aber es läßt sich leicht erachten, daß ausdauernder Fleiß und genaue Instrumente sehr weit führen konnten, und die Uebereinstimmung der Vorausberechnung mit den wirklichen Erscheinungen zeigt deutlich genug, daß unsre Kenntnisse einen hohen Grad von Vollkommenheit erreicht haben.

Das, womit ich Sie bisher unterhalten habe, ist das Interessanteste von dem, was man über die Lage und Figur der Planetenbahnen bestimmt hat; andre Umstände, die zwar für den Astronomen von Wichtigkeit sind, für Sie aber weniger Anziehendes haben, will ich nur kurz noch erwähnen. Ich habe bisher immer die Sache so betrachtet, als ob alle Planetenbahnen in einerlei Ebene mit der Erdbahn lägen; wäre dieses, so würden wir die Planeten immer genau in der Ecliptik, oder in einem Puncte des Kreises sehen, den wir uns als den scheinbaren Weg der Sonne an der Himmelskugel gezeichnet vorstellen können. Ich habe Ihnen schon ehemals gesagt daß der Mond nicht genau, diesen Weg unter den Sternen nimmt, und auch die Planeten weichen bald mehr bald weniger von der Ecliptik ab, und befinden sich nur

selten genau in derselben. Die Beobachtungen, aus denen sich allemal, nach den nun schon erlangten Kenntnissen, herleiten läßt, wie man von der Sonne aus den Planeten sehen würde, zeigen, daß einem Beobachter auf der Sonne jeder Planet einen größten Kreis der Himmelskugel zu durchlaufen scheint, so wie Sonne und Mond es für uns thun, daß aber diese Kreise für jeden Planeten verschieden sind, und immer nur zwei einander gegenüber stehende Puncte gemeinschaftlich haben, wo sie sich schneiden. Die Bahnen der verschiedenen Planeten sind also gegen einander geneigt, und Mars zum Beispiel befindet sich in der einen Hälfte seiner Bahn nördlich, in der andern südlich von der Erdbahn. Die Neigung der meisten Planetenbahnen gegen einander ist nur geringe, und nur bei den kürzlich erst entdeckten Planeten, vorzüglich bei der Pallas, ist sie ansehnlich. Wie die Astronomen diese Neigung bestimmen, damit werde ich Sie nicht unterhalten; Sie können die Möglichkeit einer solchen Bestimmung gewiß leicht einsehen, und mehr bedarf es ja für unsern Zweck nicht. Diese Bestimmung ist wirklich von den Astronomen

gemacht, und man kennt für jeden Planeten nicht nur die Größe seiner kleinsten und größten Entfernung von der Sonne und die Stelle seiner Bahn, wo er diese erreicht, sondern auch die Neigung seiner Bahn gegen die Erdbahn und die Lage der Knoten oder der beiden Puncte, wo er von einer Seite der Erdbahn zur andern Seite übergeht, und damit ist dann die Lage und Beschaffenheit der Planetenbahnen völlig bestimmt, und auch der Satz völlig bestätigt gefunden, daß alle Planetenbahnen Ellipsen sind, in deren einem Brennpuncte die Sonne liegt.

Zwei und vierzigster Brief.

am 21. April.

Diejenigen Beobachtungen, mit welchen ich Sie nun schon so lange unterhalten habe, und die auch bei den Planeten, welche der Sonne näher sind als wir auf ähnliche Weise können angestellt werden, führen uns dahin, ein vollständiges Bild aller Planetenbahnen entwer-

sen zu können, oder sie nach dem genauen Verhältnisse ihrer gegenseitigen Größe, Figur und Lage darstellen zu können. Aber noch immer fehlt es uns zu dieser Abbildung des Sonnensystems an einem Maßstabe, oder wenigstens habe ich Ihnen über die Methode, wie man diesen Maßstab bestimmen kann, noch nichts Genügendes mitgetheilt. Fänden wir Mittel, entweder die Entfernung der Sonne von uns, oder auch die Entfernung irgend eines Planeten von uns oder von der Sonne zu einer gewissen Zeit zu bestimmen, oder in bekanntem Maße anzugeben: so wäre damit dieser verlangte Maßstab für das ganze Sonnensystem bekannt, weil wir in jedem Augenblicke genau angeben können, wie sich die Entfernung irgend eines Planeten von uns zu der Größe einer jeden Planetenbahn, und überhaupt zu allen den Entfernungen verhält, die bei den Bahnen der Hauptplaneten vorkommen.

Schon die ältern Astronomen bemühten sich sehr, die Entfernung der Erde von der Sonne, als diejenige Größe, die uns zu jenem Zwecke besonders brauchbar ist, zu bestimmen. Da sie fanden, daß die Parallaxe der Sonne für ver-

schiedene Puncte der Erde zu unbedeutend sei, um daraus die Entfernung mit Sicherheit herleiten zu können, so bedienten sie sich einer andern Methode, die sehr gut ausgedacht war, aber in der Ausführung doch ihre Schwierigkeit hatte. Stellt nämlich (Fig. 56) A die Sonne, B die Erde und C den Mond vor, für den Augenblick, da der letztere uns genau im ersten oder letzten Viertel erscheint: so ist die Linie B C genau auf A C senkrecht, indem nur dann der Mond uns grade so viel von seiner erleuchteten als von seiner unerleuchteten Seite zeigen kann. Beobachtet man nun in eben diesem Augenblicke auch den scheinbaren Abstand des Mondes von der Sonne, so wie er sich uns in B zeigt, oder den Winkel, den C B und A B mit einander machen: so läßt sich, weil wir die Entfernung B C kennen, auch die Entfernung A B durch Zeichnung oder Rechnung finden, wenn man ein Dreieck zeichnet, welches bei C einen Winkel von 90 Graden, und bei B einen Winkel hat, welcher dem gemessenen, scheinbaren Abstande des Mondes von der Sonne gleich ist. Ließe sich diese Beobachtung mit völliger Sicherheit anstellen, so würde das

Resultat derselben sehr genau sein; denn die Berechnung beruht hier auf der Parallaxe, welche die Sonne für den ganzen Abstand des Mondes von der Erde hat, und dieser Abstand ist 30mal so groß als der Durchmesser der Erde, und die Parallaxe also ohngefähr eben so vielmal größer, als sie für die zwei am meisten von einander entfernten Puncte der Erdoberfläche sein würde. Aber hier tritt der schlimme Umstand ein, daß man ganz genau den Augenblick wissen muß, wenn der Mond im Viertel, oder wenn der Winkel bei C genau ein rechter Winkel, das ist 90 Graden gleich ist, und dieser Augenblick ist in solcher Schärfe, als es hier nöthig wäre, ziemlich schwer anzugeben, wenn man nicht die Entfernung der Sonne schon kennt; irret man sich aber hierin und beobachtet den Mond, wenn er eine auch nur wenig vom Viertel entfernte Stellung hat, so wird die ganze Rechnung fehlerhaft, weil die Parallaxe der Sonne, selbst für die Entfernung von uns bis zum Monde, nur äußerst wenig, nämlich noch keine 10 Minuten, oder noch nicht so viel als ein Drittel des scheinbaren Sonnen-Durchmessers beträgt. Aus diesem Grunde führte jene Beobachtung nur zu

unvollkommenen Angaben, und man mußte auf Mittel denken, die Parallaxe der Sonne oder irgend eines Planeten durch Beobachtungen auf der Erde selbst zu bestimmen. So schwierig dieses zu sein schien: so entdeckte man doch endlich ein Mittel, durch welches man zu einer größern Genauigkeit gelangt ist, als man je zuvor hatte erreichen können; dieses sind die Vorübergänge der Venus vor der Sonne.

Es ist Ihnen bei dem, was ich von dem Laufe der Venus und des Mercurius gesagt habe, daß sie oft zwischen uns und der Sonne durchgehen, vielleicht schon die Frage eingefallen, ob man denn diese Planeten nicht alsdann vor der Sonne vorbeigehen und dieselbe bedecken sehe, so wie dieses bei den Sonnenfinsternissen der Fall ist, wenn der Mond vor der Sonne vorübergeht. Ich habe die Beantwortung dieser Frage aufgeschoben, um in den vorigen Untersuchungen über die Bahnen der Planeten nicht gestört zu werden; jetzt aber wollen wir etwas länger bei diesem Gegenstande verweilen. —

Lägen die Bahnen der Venus und des Mercurius genau in der Ebene, in welcher die

Erdbahn sich befindet, so müßte jedesmal, wenn diese Planeten bei ihrer größten Annäherung zur Erde zwischen dieser und der Sonne durchgehen, die Erscheinung Statt finden, welche man einen Durchgang des Planeten durch die Sonne nennt, man müßte nämlich wirklich den Planeten in der Sonnenscheibe erblicken. Ich habe Ihnen schon gesagt, daß die Lage der Bahnen aller Planeten etwas, obgleich nicht sehr viel von der Ebene der Erdbahn abweicht, und daß jene Bahnen nur in zwei einander gegenüber stehenden Puncten die Ebene der Erdbahn schneiden. Wegen dieses Umstandes sehen wir nicht allemal die Venus vor der Sonne, wenn sie zwischen der Sonne und Erde hingeht, sondern dieß geschieht nur dann, wenn zugleich Venus jenen Durchschnittspuncten nahe ist. Vom Mercurius gilt eben das, und die Durchgänge dieser Planeten durch die Sonne gehören daher zu den seltenen Erscheinungen, und besonders kommen die Durchgänge der Venus höchst selten und jetzt in 60 Jahren nicht vor.

Bei diesen Vorübergängen sieht man mit Hülfe von Fernröhren den Planeten wie ein

kleines schwarzes Scheibchen über die glänzende Sonnenscheibe wegrücken, und hier nun hat man Gelegenheit, die Parallaxe des Planeten weit genauer als sonst je zu beobachten. Es ist nämlich leicht zu übersehen, daß der Planet nicht für alle Bewohner der Erde über einerlei Puncte der Sonnenscheibe weggeht, sondern daß die südlicher Wohnenden ihn in demselben Augenblicke weiter nordwärts sehen als diejenigen, welche die nördlichern Gegenden der Erde bewohnen. Für Venus, welche bei ihren Durchgängen durch die Sonne nur etwa ein Viertel so weit als die Sonne von uns ist, beträgt diese Parallaxe am meisten, und daher sind die Durchgänge der Venus am brauchbarsten, um die wahre Größe der Planetenbahnen zu bestimmen. Daß die Beobachtungen dieser Erscheinung mit vorzüglicher Sorgfalt müssen angestellt werden, versteht sich von selbst, aber diese Beobachtung erlaubt auch grade eine Schärfe, die sonst schwer zu erreichen ist. Besonders kann man beim Eintritt und Austritt der Venus den Zeitpunct, da sie den Rand der Sonne von innen berührt, oder so wie a (Fig. 57) steht, wenn ABC die Sonne

ist, sehr genau angeben, weil der feine Lichtfaden, der zwischen dem Sonnenrande und der völlig eingetretenen Venus zuerst sichtbar wird, sich schon bemerken läßt, wenn dieser zarte Lichtstreif auch erst $\frac{1}{10}$ Secunde breit ist, welches Ihnen wegen des erstaunenden Glanzes der Sonne, der gegen die dunkle Venus so sehr absticht, nicht auffallend sein wird. Jeder Beobachter also, der den ganzen Durchgang, nämlich den Eintritt sowohl als den Austritt beobachten kann, bestimmt die Zeit des Durchgangs mit einer sehr großen Schärfe, und aus dieser Zeit kann man sehr genau angeben, wie groß die Linie war, welche ihm die Venus auf der Sonne zu durchlaufen schien. Lassen Sie (Fig. 57) A B C die Sonne vorstellen, und nehmen Sie an, ein Beobachter sehe die Venus die Linie a b, ein andrer sehe sie die Linie c d durchlaufen, so wird die verschiedene Länge dieser Linien sich aus der beobachteten Zeit des Durchganges mit großer Genauigkeit angeben lassen. Denn da die scheinbare Bewegung der Venus, mit welcher sie über die Sonnenscheibe fortgeht, so langsam ist, daß sie, um den 2000sten Theil des Durchmessers der Sonne zu

durchlaufen, über 10 Secunden Zeit gebraucht, so kann man gewiß den geringsten Unterschied in der Länge der Linien a b, c d bemerken. Aber aus der ungleichen Länge der Linien a b und c d läßt sich ihr Abstand von einander sehr genau angeben, wenn beide Linien nicht sehr nahe am Mittelpuncte der Sonne vorbeigehen, und dieser Abstand ist grade ein Hauptpunct, worauf es ankömmt.

Wenn Sie dieses alles zusammennehmen, so werden Sie es nicht für Charlatanerie halten, wenn die Astronomen aus diesen Beobachtungen die Parallaxe der Sonne bis auf ein Zehntheil einer Secunde hergeleitet haben, und obgleich nicht alle Beobachtungen ganz übereinstimmen, so kann man doch nach den besten Beobachtungen das wenigstens als gewiß annehmen, daß die Parallaxe der Sonne, wenn sie bei ihrer mittlern Entfernung von der Erde von zwei entgegengesetzten Puncten der Erde gesehen wird, nicht viel mehr und nicht viel weniger als 17 Secunden beträgt, (nicht mehr als $17\frac{1}{2}$ Sec. und nicht weniger als $16\frac{1}{2}$ Sec.) und daraus findet man die mittlere Entfernung der Sonne, und weil die Figur der Erdbahn

bekannt ist, auch die größte und kleinste Entfernung, und überhaupt die wahren Abmessungen aller Planetenbahnen.

Sie werden wohl nicht erwarten, daß ich Ihnen umständlich die Art, wie man aus jenen Beobachtungen die Sonnenparallaxe herleitet, erkläre. Diese Berechnung ist, wenn man auf die Umdrehung der Erde, und die eigene Bewegung der Erde und Venus gehörig Rücksicht nimmt, ziemlich schwierig: indeß läßt sich eine Uebersicht des einfachsten Falles etwa auf folgende Weise darstellen. Nehmen Sie an, in Fig. 58. sei A die Erde, B der Mittelpunkt der Venus, C die Sonne, so sieht ein Beobachter in a den Mittelpunct der Venus in c, ein andrer Beobachter in b sieht ihn in d. Der Abstand dieser Puncte c und d ist, wenn wir bloß darauf, wie es uns von der Erde aus vorkömmt, Rücksicht nehmen, eben das, was in Fig. 57 die Entfernung der Linien a b und c d von einander war, und Sie haben gesehen, daß man diese Entfernung in den meisten Fällen mit großer Genauigkeit bestimmen, das heißt sehr genau angeben konnte, wie groß c d (Fig. 58) von der Erde aus

er-

erscheint. Kann man aber das, so kennt man aus der Beobachtung den Winkel, welchen a c und a d mit einander machen, und hieraus läßt sich, weil man das Verhältniß der Linien a B und B c genau kennt, der Winkel berechnen, den c B und d B mit einander machen. Dieser Winkel, welcher mit dem durch a B und b B gebildeten Winkel gleich groß ist, bestimmt die wahre Parallaxe der Venus für den Abstand der beiden Orte a, b und folglich die Entfernung der Venus von uns, und aus dieser läßt sich die Entfernung der Sonne bestimmen, weil aus andern Beobachtungen, wie Sie wissen, genau bekannt ist, wie die Entfernung der Venus von uns sich in jedem Augenblicke zu unsrer Entfernung von der Sonne verhält.

Sie werden mir die Umständlichkeit dieser Demonstration verzeihen. Meine lange Gewohnheit, Ihnen geometrische Figuren vorzuzeichnen, bringt mich fast dahin, Sie schon halb unter die Mathematiker zu zählen, und Sie haben Ursache sich zu freuen, daß ich bald mit den Hauptlehren der theoretischen Astronomie fertig bin, sonst verirrte ich mich endlich doch noch in die Algebra, obgleich ich Ihnen

versprochen habe, bei diesen Briefen an keine Algebra zu denken. Indeß, Sie wissen, daß ich mein Wort halte; Sie sollen also auch hier nicht über Wortbrüchigkeit zu klagen haben, und ich werde suchen, auch den Rest unsrer Unterhaltung über die Bewegungen der Himmelskörper so angenehm zu machen, als ich kann; — bei dem dann folgenden Gegenstande meiner Briefe, nämlich dem, was man über die natürliche Beschaffenheit der Planeten weiß, wird sich das Angenehme dann schon von selbst finden.

Doch ich darf diesen langen Brief nicht noch durch Digressionen verlängern, zumal da ich noch einen Gegenstand abzuhandeln habe, der sich hier am natürlichsten anschließt, und wodurch unsre Kenntniß des Planetensystems vollständig wird.

Dieses ist die wahre Größe der einzelnen Körper unsers Sonnensystems. Kennen wir einmal, wie wir jetzt annehmen dürfen, die wahre Entfernung eines jeden Weltkörpers von uns, so können wir auch aus seiner scheinbaren Größe seine wahre Größe herleiten. Wie man die scheinbare Größe eines Planeten oder des Mon-

des mit Micrometern mißt, habe ich Ihnen schon einmal gesagt, und ich habe also hierüber nichts hinzuzusetzen, da auch die Berechnung keine Schwierigkeit hat. Nach solchen Messungen, die man oft wiederholt angestellt und mit Hülfe stark vergrößernder Fernröhre vollkommner gemacht hat, sind folgende wahre Größen des Mondes, der Sonne und der Planeten bestimmt worden:

	Durchmesser in geograph. Meilen	Durchmesser in Durchmessern der Erde	Verhältniß der körperlichen Größe zur Größe der Erde
Sonne	192500	$111\frac{9}{10}$	1401000
Mercurius	600	$\frac{35}{100}$	$\frac{43}{1000}$
Venus	1650	$\frac{96}{100}$	$\frac{885}{1000}$
Erde	beinahe 1719	1	—
Mars	950	$\frac{55}{100}$	$\frac{166}{1000}$
Jupiter	19000	$11\frac{5}{100}$	1521
Saturnus	17700	$10\frac{29}{100}$	1090
Uranus	7500	$4\frac{36}{100}$	83
Der Mond	469	$\frac{27}{100}$	$\frac{1}{50}$

mal so groß als die Erde.

Diese Angabe der Größen ist zwar bei der Sonne und den Planeten nicht bis auf Kleinig-

keiten sicher, und es kann sogar sein, daß wir einen Planeten aus Mangel an genauen Beobachtungen um 50 oder 100 Meilen zu groß oder zu klein angeben; aber sie zeigen doch ohngefähr das Verhältniß dieser Größen, die durch fortgesetzte Beobachtungen noch näher müssen bestimmt werden. Ueber die Größe der neuerlich entdeckten Planeten Vesta, Juno, Ceres und Pallas sind wir noch weniger gewiß. Nach Herschels Meinung hat die Ceres kaum 40, und die Pallas kaum 20 Meilen Durchmesser; dagegen hat zwar Schröter aus eignen Beobachtungen Einwendungen gemacht und zu zeigen gesucht, daß Herschels Bestimmung unrichtig sei; aber es scheint doch nach andern Ueberlegungen, als ob Ceres schwerlich viel über 100 Meilen Durchmesser halte, und dann möchten Pallas, Juno und Vesta wohl kaum auf 70 zu schätzen sein. Die Sache verdient aber noch eine genauere Untersuchung.

Ich füge endlich hier noch (Fig. 59) eine Abbildung der Planetenbahnen bei, wo Sie diese nach den wahren Verhältnissen ihrer Größe sehen. Die Bahnen mußten hier so gezeichnet werden, als ob sie alle in einerlei Ebene lägen,

daher scheinen die Bahnen der vier Planeten Vesta, Juno, Ceres, Pallas sich zu durchkreuzen, da sie doch eigentlich nur über einander hinlaufen. Die Bahnen der entferntern Planeten sind nicht vollständig, und die des Uranus fehlt ganz, weil die Bahn des Mercurius allzuklein ausgefallen wäre, wenn ich auch den Uranus, der doppelt so weit als Saturnus von der Sonne ist, hätte aufnehmen wollen. Die Figur zeigt auch, wie weit die Sonne vom Mittelpuncte der Planetenbahnen entfernt ist. Ich hätte gern die Bahnen der Monde mit in diese Zeichnung gebracht, aber die meisten dieser Bahnen sind zu klein, um hier verhältnißmäßig dargestellt zu werden. — Und damit endige ich die Untersuchung über diesen Gegenstand, um noch einmal zur Betrachtung der Kräfte zurückzukehren, welche die Bewegungen der Himmelskörper bewirken, und das ganze Sonnensystem in seiner Ordnung erhalten.

Drei und vierzigster Brief.

am 6. Mai.

Obgleich die Gegenstände, mit welchen ich Sie bisher unterhalten habe, und noch einige Zeit unterhalten werde, von der Art sind, daß Mancher sie vielleicht eher gelehrte Untersuchungen nennen, als zu Unterhaltungen für einen bloßen Liebhaber der Astronomie geeignet finden möchte: so setze ich dennoch meinen einmal gewählten Weg ruhig fort, in der sichern Ueberzeugung, daß Sie in dieses Urtheil nicht einstimmen, sondern auch diese Lehren als wissenswürdig und interessant anerkennen werden. Bei dem ersten Blicke auf den Sternenhimmel ist es zwar vorzüglich die erstaunenswürdige Größe des Weltraums, die unzählbare Menge der Sterne, die unsere Gedanken mit sich fortreißt; aber sollte dieses dumpfe Erstaunen uns ganz befriedigen? soll es das Einzige sein, wozu der Anblick des Sternenhimmels uns Veranlassung giebt? Nein, gewiß verdient die Anordnung des Sonnensystems, die Weisheit einer geometrisch ordnenden Gottheit, wie die Alten sagten, die sich hier so herrlich zeigt, eben so

sehr unsre Aufmerksamkeit, als die unendliche Größe des Weltalls. Und so wie unser Auge eine immer größere Ausdehnung des Weltgebäudes entdeckt, je mehr es, durch künstliche Hülfsmittel unterstützt, in die Ferne dringt, so entdeckt auch unser Verstand eine immer größere Ordnung, je genauer wir die Bewegungen der Weltkörper untersuchen. Zwar entdecken sich uns bei genauer Beobachtung manche Ungleichheiten in der Bewegung der Planeten, die zuerst als Unordnung erscheinen, und wohl gar die Besorgniß, daß eine zerstörende Umänderung der jetzigen Ordnung daraus entstehen möchte, erwecken können; aber eine genauere Untersuchung zeigt, daß auch diese Ungleichheiten auf das Gleichgewicht des Ganzen keinen Einfluß haben, und daß ewig die Ordnung bestehen wird, die wir jetzt bemerken. So z. B. zeigen die Beobachtungen, daß die elliptische Form jeder Planetenbahn nicht immer genau gleich bleibt, sondern daß die Bahnen einiger Planeten nach und nach (obgleich nur in einem Zeitraume von Jahrhunderten merklich,) länglichter werden, die Bahnen andrer Planeten aber sich mehr und mehr der Kreisform nähern. So

langsam diese Aenderungen auch sind, so konnten sie doch die Besorgniß veranlassen, ob nicht die größere Abweichung von der Kreisform, welche einen bedeutendern Unterschied zwischen der größten und kleinsten Entfernung von der Sonne hervorbringt, Nachtheile für die Bewohner dieser Planeten mit sich führen werde, ob nicht endlich diese Planeten im einen Theile ihrer Bahn der Sonne allzu nahe kommen, und im andern sich zu weit von ihr entfernen könnten. Aber die Untersuchung der Ursachen jener Ungleichheiten hat gezeigt, daß dieses nie zu besorgen ist, sondern daß die Bahn eines Planeten zwar einige Jahrhunderte oder Jahrtausende durch mehr elliptisch oder vom Kreise mehr verschieden werden kann, daß sie aber dann wieder anfängt, sich ihrer alten Gestalt zu nähern, und sich nie sehr weit von dem mittlern Zustande entfernt; wir können daher sicher sein, daß die Figur der Planetenbahnen sich nie sehr von der Kreisform entfernen wird.

Auch die Neigung der Planetenbahnen gegen einander ist einer geringen und langsamen Veränderung unterworfen; aber auch diese Aenderung erreicht nur gewisse sehr enge Grenzen, so

daß diejenigen Planetenbahnen, welche jetzt von Jahrhundert zu Jahrhundert mehr und mehr von der Ebene der Erdbahn abweichen, doch endlich wieder anfangen, sich wieder näher an sie zu halten, und überhaupt ihre Neigung nur sehr wenig ändern. So also bleibt die Ordnung des ganzen Systems nur mit unbedeutendem, sich immer wieder ausgleichendem Wechsel ewig dieselbe; mögen auch (wie ich Ihnen von der Erdbahn schon einmal gesagt habe) die Gegenden der Bahn, wo der Planet seine größte und kleinste Entfernung von der Sonne erreicht, allmählich nach einer andern Seite der Sonne hinrücken, mögen auch die Puncte, wo der Planet von einer Seite der Erdbahn nach der andern übergeht, sich verrücken, so bleibt doch die ganze Anordnung des Systems ungeändert, kein Planet kann dem andern je merklich näher kommen, als wir es jetzt beobachten, und keiner kann einen merklichern und vielleicht nachtheiligen Einfluß auf den andern ausüben. *)

*) Mit völliger Sicherheit kann man diese Behauptungen nur auf die länger bekannten Planeten anwenden. Die vier neulich erst entdeckten Planeten, Ceres, Pallas, Juno und Vesta laufen in Bahnen,

Ich bin einmal unvermerkt auf die Erzählung von den kleinen Aenderungen im Zustande unsers Sonnensystems gekommen, und will Ihnen daher nun noch einige andre zugleich bekannt machen. Eine der merkwürdigsten ist die Aenderung in der Lage der Erde gegen ihre Bahn. Sie erinnern sich, daß der ungleich hohe Stand der Sonne im Sommer und im Winter davon herrührt, daß die Erdaxe nicht senkrecht auf der Ebene der Erdbahn steht. Diese Neigung nun ändert sich, und man hat bemerkt, daß die Axe allmählig sich der senkrechten Lage gegen die Erdbahn nähert, obgleich so wenig, daß mehr als hundert tausend Jahre verlaufen würden, ehe sie völlig die senkrechte Stellung erreichte, wenn auch die jetzige Aenderung gleichförmig zunähme. Man hat lange gefragt, ob diese Aenderung unaufhörlich fortgehen werde, hat auch wohl

die einander sehr nahe liegen, und es ist ungewiß, ob nicht Variationen dieser Bahnen möglich sind, wodurch diese Planeten einander äußerst nahe kommen könnten. Künftige Zeiten und genauere Untersuchungen werden die Fragen, die wir hierüber aufwerfen könnten, beantworten.

geglaubt, wenn endlich der Aequator der Erde in der Ebene der Erdbahn låge, so würde ein ewiger Frühling eintreten, (eine ewige Gleichheit von Tag und Nacht für die ganze Erde wenigstens) — und was sich daran dann für schöne Gedanken knüpfen lassen, kann ich füglich übergehen. Aber die genaueren Untersuchungen lehren, daß auch diese Aenderung nur periodisch ist, daß die Neigung der Erdaxe nur eine Zeitlang — einige Jahrtausende durch — zunehmen, und nie um mehrere Grade von der jetzigen Stellung sich entfernen kann. So ist also die Hoffnung auf den ewigen Frühling vereitelt, aber wir dürfen, glaube ich, uns das eben nicht leid sein lassen; denn so schön es klingt, der Erde einen ewigen Frühling zu prophezeihen, so ist es doch sehr ungewiß, ob jener Stand der Sonne für unsre Erde paßte, ob z. B. in unserer Breite die 12stündigen Tage und der nur niedrige Stand der Sonne hinreichen würde, um die Gewächse, die uns Bedürfniß sind, zur Reife zu bringen u. s. w.

Noch eine sehr auffallende Beobachtung muß ich hier erwähnen. Wenn man die sehr alten Beobachtungen des Mondes, besonders auch der

Sonnen- und Mondfinsternisse mit den neueren Beobachtungen vergleicht: so findet man, daß der Mond sich jetzt schneller bewegt, als vor 2000 Jahren, und folglich (aus Gründen, die Ihnen schon bekannt sind,) der Erde jetzt näher stehen muß als damals, weil sonst eine kürzere Umlaufszeit nicht mit der gewiß immer gleich bleibenden anziehenden Kraft der Erde bestehen könnte. Wenn man sich vorstellte, daß die beschleunigte Bewegung des Mondes und seine Annäherung zur Erde immer fortdauere, so schien die Sache bedenklich zu sein; denn dann könnte er uns wohl endlich allzu nahe kommen. Diese Besorgnisse verschwanden, als es Laplace gelang, zu beweisen, daß diese Annäherung nur so lange dauern wird, als die Erdbahn fortfährt, sich der Kreisform mehr zu nähern, so wie es jetzt seit Jahrhunderten der Fall ist; kömmt einmal die Zeit, da die Erdbahn wieder zu einer mehr länglichten Form zurückkehrt, so wird auch der Mond sich wieder entfernen, und uns nie auf eine schädliche Weise nahe kommen. Der Zusammenhang dieser beiden Erscheinungen wird Ihnen in der Folge etwas deutlicher werden, obgleich ich es

nicht unternehmen kann, Ihnen diese feinen Untersuchungen, die nothwendig Rechnungen voraussetzen, ganz klar vor Augen zu legen.

Alle diese Ungleichheiten sind also nur kleine Schwankungen, die den Zustand des ganzen Systems gar nicht bedeutend ändern. Diese Schwankungen entstehen durch die gegenseitige Einwirkung aller Planeten auf einander, welche die Harmonie und das Gleichgewicht des Ganzen nicht stört, sondern nur unbedeutende und sich immer wieder ausgleichende Aenderungen hervorbringt. Der uns hinlänglich bekannte Theil des Sonnensystems befindet sich also in dem Zustande eines dauernden Gleichgewichts, und alles ist darin genau so berechnet, daß nichts dieses Gleichgewicht stören kann; wiefern bei den Cometen, über deren Natur wir überhaupt wenig wissen, eben dieses Statt finde, läßt sich so bestimmt nicht angeben.

Sie werden mir es verzeihen, daß ich heute eine bloße Digression, die Sie vielleicht gar nicht erwarteten, Ihnen zusende; ich werde im nächsten Briefe auf das Capitel kommen, welches ich Ihnen neulich schon angekündigt habe.

Genießen Sie unterdeß dieser schönen Maitage mit recht frohem Herzen; — möge Ihr ganzes Leben diesen milden lieblichen Tagen gleichen.

Vier und vierzigster Brief.

am 13. Mai.

Sobald man durch die genauere Betrachtung der Bewegung des Mondes zu der Ueberzeugung gelangt war, daß die Erde durch eine anziehende Kraft den Mond in seiner Bahn erhalte, so war es gewiß sehr natürlich, daß man die Frage aufwarf: ob nicht auch die Bewegung der Planeten durch eine ähnliche Kraft regiert werde. Will man dieses annehmen, so muß man unstreitig diese Kraft in der Sonne suchen, die, wie wir gesehen haben, in der Mitte des Systems ruht, während alle Planeten sich um sie herum bewegen, und es ist also natürlich die Vermuthung anzunehmen, daß die Sonne eine eben solche anziehende Kraft besitze wie die Erde. Doch, ehe wir

diese Vermuthung prüfen, wollen wir noch einmal die Frage untersuchen, ob es vielleicht möglich wäre, daß die Sonne sich, so wie es uns nach dem ersten Anblicke scheint, um die Erde bewege, und die Planeten, welche um sie herumlaufen, mit sich fortführe. So überflüssig Ihnen vielleicht diese Untersuchung scheint, da so vieles für die wahre Bewegung der Erde spricht, so ist es doch nicht ganz ohne Nutzen, auch hier noch Gründe gegen die Möglichkeit der entgegengesetzten Hypothese zu entdecken, um alle Zweifel ganz gewiß zu heben. Wenn es bloß auf die Erklärung der Erscheinungen ankäme, welche die Planeten uns zeigen, so ließe sich immer noch Einiges zur Vertheidigung des Tychonischen Weltsystems sagen; aber wenn wir die Kräfte untersuchen, von denen die Bewegungen der Weltkörper abhängen, so zeigt sich, daß dieses System nicht bestehen kann.

Da die Schwere oder die anziehende Kraft der Erde sich, wie Sie gesehen haben, bis zum Monde erstreckt, so ist es nicht ungereimt, anzunehmen, daß sie sich auch bis zur Sonne erstrecken könne; aber da die Kraft der Schwere in der Entfernung, wo der Mond sich befindet,

so bedeutend geringer ist als nahe bei der Erde; so kann sie wenigstens auf die weit entferntere Sonne nicht stärker wirken als auf den Mond. Untersucht man nun die Bewegung der Sonne, die in einer 400mal so großen Entfernung, als die des Mondes ist, um die Erde laufen soll, so findet man, daß ihr Fallen gegen die Erde mehr als doppelt soviel in gleicher Zeit beträgt als das Fallen des Mondes; wir müßten also annehmen, daß die Kraft der Schwere jenseits des Mondes wieder zunähme, welches ganz ungereimt sein würde.

Dieses wird zur Widerlegung der falschen Hypothese hinreichen. Wir wollen jetzt sehen, ob wir die andre Vermuthung, daß auch die Erde mit allen übrigen Planeten um die Sonne laufe, der Wahrheit gemäßer finden. Da die Bahnen aller Planeten nur wenig von der Kreisform abweichen, so können wir sie zuerst als genaue Kreise betrachten, in deren Mittelpuncte die Sonne steht, und nun auf dieselbe Art, wie wir es beim Monde thaten, sehen, wie viel jeder Planet sich in einer Minute der Sonne nähern würde, wenn er der Einwirkung der anziehenden Kraft ganz folgen könnte. Berechnet

man wirklich, wie viel der Planet in seinem Kreise während einer Minute von seiner anfänglichen Richtung abweicht oder gegen die Sonne zu gezogen wird, so findet man diese Abweichung oder den Fallraum für die erste Minute beim Mercurius 230 Fuß, bei der Erde 35 Fuß, und beim Uranus kaum $\frac{1}{10}$ Fuß, und es erhellet also, daß die Kraft, welche die Planeten in ihren Bahnen erhält, in größerer Entfernung von der Sonne abnimmt. Eine genauere Vergleichung der eben angeführten Zahlen mit den Abständen der verschiedenen Planeten von der Sonne zeigt, daß die anziehende Kraft genau in doppelt so starkem Verhältnisse abnimmt, als die Entfernung zunimmt, das heißt, daß in der doppelten Entfernung jene Kraft nur $\frac{1}{4}$ von derjenigen ist, die in der einfachen Entfernung Statt findet, in der dreifachen Entfernung jene Kraft nur $\frac{1}{9}$ von dieser, in der fünffachen Entfernung nur $\frac{1}{25}$, in der zehnfachen Entfernung nur $\frac{1}{100}$ von der Kraft, die in der einfachen Entfernung wirkt.

Dieses Gesetz für die Abnahme der anziehenden Kraft fanden wir auch bei der Erde,

wenn wir den Fall der Körper an ihrer Oberfläche mit der Wirkung, die sie auf den Mond äußert, verglichen, und wir dürfen also annehmen, daß es allgemein für alle Körper, welche eine anziehende Kraft besitzen, gilt. — Aber, könnte man fragen, ist es denn auch gewiß, daß es die Sonne ist, der wir jene Kraft beilegen müssen? — Da die Sonne nicht genau im Mittelpuncte der Planetenbahnen steht, so könnte man vielleicht vermuthen, es möchte eher der Mittelpunct der Bahn, obgleich sich da kein Körper befindet, jene Kraft besitzen. — Diese an sich selbst schon unwahrscheinliche Hypothese verliert dadurch noch mehr, daß die Mittelpuncte der Planetenbahnen nicht in einen Punct fallen, sondern mehrere tausend Meilen von einander entfernt sind, (ja, wenn wir die Cometen mit in Betrachtung zögen, mehrere Millionen Meilen;) wollte man also diesen verschiedenen Puncten anziehende Kräfte zuschreiben, so müßte man glauben, der Mittelpunct der Erdbahn wirke nur auf die Erde, der Mittelpunct der Marsbahn nur auf den Mars u. s. w., und das würde doch gar zu unglaublich sein. Indeß es giebt einen noch bestimmteren Beweis,

daß es grade die Sonne ist, welche alle Planeten in ihren Bahnen erhält.

Ich habe Ihnen schon einmal gelegentlich gesagt, die Erde bewege sich in ihrer Bahn mit einer Schnelligkeit, die mit der Annäherung zur Sonne zunimmt, und zwar genau so, daß die von der Sonne nach der Erde gezogene Linie in gleichen Zeiten gleiche Flächenräume durchläuft, oder daß die Flächen A C B, und D E C (Fig. 60) gleich sind, wenn A B und E D die Bogen sind, welche die Erde in gleichen Zeiten durchläuft, und C die Sonne vorstellt. Obgleich also der Weg, den die Erde in einem Tage zurücklegt, nicht immer gleich groß ist, so würde doch die ganze Fläche der Ellipse in lauter gleiche Theile getheilt werden, wenn man am Ende jedes Tages eine Linie von der Erde nach der Sonne zu zöge. Dieses merkwürdige Gesetz, welches Kepler schon entdeckte, gilt für jeden Planeten. Kennt man also die Umlaufszeit und die Bahn eines Planeten, so braucht man nur die ganze Fläche, die von der Planetenbahn begrenzt wird, in so viel gleiche Theile zu theilen, als der Planet Tage nöthig hat, sie zu durchlaufen, um die Wege

zu bestimmen, die er täglich zurücklegt. Dieses Gesetz könnte nicht bestehen, wenn die Sonne nicht selbst der Körper wäre, welcher durch seine anziehende Kraft den Lauf der Planeten bestimmt.

Um diesen Satz zu beweisen, lassen Sie uns annehmen, der Körper, welcher nach der Richtung A B geworfen wird, (Fig. 61) werde beständig gegen den Punct C hingezogen. Ist nun die Wurfkraft so groß, daß er in 1 Minute bis D kommen würde, wenn keine Kraft ihn von der graden Linie A B ablenkte: so läßt sich leicht übersehen, daß der Körper, sobald die anziehende Kraft auf ihn wirkt, zwar nicht nach D kommen, aber doch in einer Minute sich nicht weiter von der graden Linie A C entfernen wird, als D von derselben entfernt ist, daß er sich also am Ende der Minute irgendwo in der mit A C gleichlaufenden Linie D E befinden wird. Daß dieß so sei, läßt sich am leichtesten einleuchtend machen, wenn wir annehmen, die anziehende Kraft des Punctes C wirke nur immer am Anfange jeder Minute, so wie eine Reihe von Stößen, die regelmäßig auf einander folgen; wäre dieses der Fall, so würde

der Körper, weil die Wurfkraft ihn nach D, die anziehende Kraft aber gegen C zu treibt, einen Mittelweg zwischen beiden Richtungen nehmen und sich desto mehr von A D entfernen, je stärker die nach C gerichtete Kraft ist. Aber diese letztere kann keine auf ihre eigene Richtung senkrechte Wirkung ausüben; so wenig also, als sie die Geschwindigkeit vermehren oder vermindern konnte, wenn A D senkrecht auf A C war, (wie ich Ihnen bei einer andern Gelegenheit sagte,) eben so wenig kann sie den Körper hier hindern, den völligen Abstand von A C zu erreichen, welcher der Wurfkraft angemessen ist. Der geworfene Körper kömmt also in der ersten Minute nach F, wenn D F oder A G der Raum ist, den er bloß wegen der anziehenden Kraft in einer Minute durchlaufen würde, wenn keine Wurfkrcft da wäre. Zieht man nun die graden Linien D C, F C, so beweist die Geometrie, daß die Flächen der Dreiecke A D C, A F C völlig gleich groß sind, und es ist also die Fläche, welche die von C nach dem Körper gezogene Linie in dieser Minute durchläuft, eben so groß als sie sein würde, wenn gar keine anziehende Kraft wirkte. Wir

wollen jetzt die Bewegung des Körpers in der zweiten Minute betrachten. Hörte jetzt die anziehende Kraft auf zu wirken, so würde der Körper auf der graden Verlängerung von AF nach H fortgehen, und am Ende der zweiten Minute in H sein, wenn FH so groß als FA ist; aber jene Kraft wirkt wieder auf ihn, und ich will annehmen, sie treibe ihn so stark an, daß er in dieser Minute nach I käme, wenn keine Wurfkraft ihn anders lenkte, dann wird der Körper in der zweiten Minute nach K kommen, wenn HK mit FC gleichlaufend und so lang als FI ist. Sie wissen schon, daß die Fläche FKC so groß als FHC ist; aber FHC ist so groß als AFC, denn die Geometrie beweist, daß zwei Dreiecke gleich sind, wenn ihre Spitzen in C zusammenfallen, und die beiden Seiten AF, FH, die diesen Spitzen gegenüber liegen, gleich groß sind und auf einer einzigen graden Linie liegen. Also sind die Dreiecke AFC, FCK gleich groß, und dieses sind die Flächen, welche durch die von dem anziehenden Puncte nach dem bewegten Körper gezogene Linie in gleichen Zeiten beschrieben werden.

Dieser Beweis, der sich auf die dritte und jede folgende Minute leicht fortführen läßt, gilt immer, wenn die anziehende Kraft beständig gegen den festen Punct C gerichtet ist, und es kömmt dabei gar nicht auf die Stärke dieser Kraft, noch auch darauf, ob sie immer mit gleicher Gewalt wirkt, an; ich habe deßwegen auch die Räume, um welche der Körper sich dem Puncte C nähert, für die zweite Minute anders angenommen, als für die erste, obgleich diese Räume bei Kräften, die immer gleich stark wirken, gleich groß sein müßten.

Daß Gesetz, daß ein Planet in gleichen Zeiten gleiche Flächenräume durchläuft, wenn man diese Flächenräume durch Linien begränzt, die nach der Sonne zu gehen, giebt also ganz deutlich die Sonne als den in C ruhenden anziehenden Körper an, und wir können daher nun das als gewiß annehmen, daß die Sonne es ist, welche die Planeten in ihren Bahnen erhält, und daß die Kraft der Sonne mit der Entfernung abnimmt, und zwar in doppeltem Verhältnisse abnimmt, wenn die Entfernung im einfachen Verhältnisse zunimmt. Diese beiden Sätze sind hinreichend, um uns eine genaue Kenntniß

von der Figur der Planetenbahnen oder eigentlich von den Bahnen aller der Körper zu geben, die sich um die Sonne bewegen, wozu denn auch die Cometen mit gehören. Ich verspare aber die Fortsetzung dieser Lehre auf den nächsten Brief, um Ihnen wenigstens einen Ruhepunct in diesen gelehrten Untersuchungen zu geben.

Fünf und vierzigster Brief.

am 25. Mai.

Die beiden wichtigen Lehren, wovon mein voriger Brief handelte, daß die Sonne der anziehende Körper ist, welcher die Planeten und Cometen in ihren Bahnen erhält, und daß ihre anziehende Kraft mit zunehmender Entfernung in ganz bestimmtem Verhältnisse abnimmt; — diese Lehren reichen hin, um uns zur genauen Zeichnung oder Berechnung der Planeten- und Cometenbahnen in Stand zu setzen. Freilich würde, um diese Bahnen in einer Zeichnung genau darzustellen, ein überaus großer Maaßstab

erfordert; aber die Richtigkeit der Behauptung, daß eine solche Zeichnung möglich ist, wird sich doch auch an einer Darstellung im Kleinen zeigen lassen, und Sie wissen überdas schon, daß die mathematische Berechnung uns da aushilft, wo die Zeichnung nur unvollkommene Resultate geben würde.

Wenn ein Körper (Fig. 62), welcher von der Sonne S angezogen wird, in A nach einer auf A S senkrechten Richtung fortgeschleudert wird: so wissen Sie, daß er nur dann einen genauen Kreis, dessen Mittelpunct die Sonne ist, durchläuft, wenn die anziehende Kraft der Sonne zu der Kraft des Wurfes ein gewisses, sehr genau bestimmtes Verhältniß hat. Ist nämlich die Wurfkraft so groß, daß der Körper in einer Stunde von A nach B kommen würde, wenn die Sonne nicht auf ihn wirkte: so kann der Körper nur dann eine kreisförmige Bahn durchlaufen, wenn der Raum B D, um welchen der Körper innerhalb einer Stunde gegen die Sonne zufallen würde, wenn er in B geruhet hätte, grade so groß ist, daß D und A gleich entfernt von S sind. In jedem andern Falle muß der Körper eine andre Bahn beschrei-

ben; denn er rückt der Sonne in der ersten Stunde näher, wenn die anziehende Kraft größer ist, als für jenen Fall erfordert wird, und im Gegentheil entfernt er sich von ihr, wenn die anziehende Kraft zu schwach ist, um ihn in einer Stunde von B so weit zu sich zu ziehen, als nöthig wäre, um seine Entfernung von S ungeändert zu erhalten.

Ich will, so wie es die Zeichnung angiebt, nur den Fall betrachten, wo die Wurfkraft zu schwach ist, um einen genauen Kreislauf des geworfenen Körpers zu bewirken, und wo also dieser sich der Sonne nähert. Lassen Sie AB den Raum bezeichnen, welchen der Körper in einer Stunde vermöge der Wurfkraft senkrecht auf AS durchlaufen würde, wenn die Sonne ihn nicht anzöge, und nehmen Sie zugleich an, er komme wegen der Wirkung der Sonne auf ihn in dieser Stunde nicht nach B, sondern nach D: so erhellet zuerst, daß die Wirkung der Sonne, welche auf die Richtung seines Weges beinahe senkrecht ist, hier seine Geschwindigkeit nur sehr wenig ändern kann, sondern bloß die Richtung seiner Bewegung anders bestimmt. Behalten wir die Vorstellung

bei, daß die Bewegung während jedes kurzen Zeitraums gradlinicht ist, und verlängern A D nach E bis D E so groß als A D wird, so würde der Körper in der zweiten Stunde nach E kommen, wenn die Sonne ihn nicht abermals von seiner Richtung ablenkte; aber diese wirkt jetzt schon ein wenig stärker auf ihn, als in der ersten Stunde, weil er sich ihr mehr genähert hat und bringt ihn nach F. In jeder folgenden Stunde nimmt die Wirkung der Sonne auf den Körper zu, weil er ihr nach und nach immer näher kömmt, und hier, wo die Richtung dieses Zuges nicht mehr senkrecht auf die Bahn des bewegten Körpers ist, zieht sie ihn nicht bloß von seiner vorigen Richtung ab, sondern sie beschleuniget auch seine Bewegung, so daß er sich immer schneller bewegt, je näher er der Sonne kömmt. Wie viel für jeden folgenden Zeitraum die Aenderung der Richtung und wie viel die Zunahme der Geschwindigkeit beträgt, das würde sich an einer sehr im Großen entworfenen Zeichnung genauer sehen lassen, wenn man da auf die Zunahme der Kraft, mit welcher die Sonne den immer näher rückenden Körper anzieht, Rück-

sicht nähme; indeß läßt sich doch Folgendes im Allgemeinen übersehen. Anfangs, indem der Körper nach H und K zu geht, kömmt die Richtung der anziehenden Kraft immer mehr schief gegen die Richtung des bewegten Körpers zu liegen, und diese Kraft kann daher immer weniger auf die Aenderung der Richtung des bewegten Körpers einwirken; die Bahn wird also in K weniger gekrümmt sein, als in A; aber wenn der Körper bis L gekommen ist, und es fast den Anschein hat, als wollte er ganz neben der Sonne vorbei laufen, so wird allmählig die Richtung des Zuges der Sonne wieder weniger schief gegen die Bahn des Körpers. Dieser Zug beschleuniget also jetzt die Bewegung weniger, lenkt den Körper aber wieder stärker von seiner schon erlangten Richtung ab, oder giebt der Bahn in L und M eine stärkere Krümmung als in K. Der bewegte Körper läuft nun wirklich bei der Sonne vorbei, weil seine schon erlangte und durch die Kraft der Sonne noch vermehrte Schnelligkeit ihn nöthiget, seinen Weg über M hinaus nach N zu fortzusetzen, aber die Sonne, in deren Nähe er sich jetzt befindet, wirkt mit großer Gewalt

auf ihn und nöthiget ihn in einer stärker gekrümmten Bahn nach N zu gehen, und hier wird die Richtung seiner Bewegung wieder gegen die nach der Sonne gezogene Linie senkrecht, und der Körper ist jetzt der Sonne am nächsten gekommen. Die Sonne sucht nun zwar noch immer den Körper näher zu sich zu ziehen, aber die große Schnelligkeit, welche er jetzt erlangt hat, überwiegt die anziehende Kraft der Sonne, und diese ist nun zu schwach, um ihn in derjenigen Nähe zu erhalten, die er in N erreicht hatte; er fängt also in N wieder an, sich allmählig von der Sonne zu entfernen, die Richtung des Zuges der Sonne wird wieder schief gegen die Bahn, und die Sonne vermindert jetzt, da er sich von ihr entfernt, eben so seine Schnelligkeit, wie sie vorhin sie vermehrte, und da jetzt in umgekehrter Ordnung alles das wieder eintritt, was vorhin in M, L, K Statt fand, so ist es nicht ganz schwer zu übersehen, daß der Körper sich in O eben so schnell als in M, in P eben so schnell als in L bewegen wird, daß die zweite Hälfte der Bahn der ersten Hälfte ganz gleich sein, und der Körper endlich in A mit eben der Geschwindigkeit

anlangen wird, mit welcher er von da ausging.

Ich weiß wohl, daß dieser Darstellung sehr vieles zur Vollständigkeit fehlt; aber es scheint mir nicht wohl möglich, ohne mathematische Rechnung alle Umstände, welche zu genauer Bestimmung der Bahn nöthig sind, so anzugeben, daß der Beweis, alles müsse nothwendig so erfolgen, vollständig werde. Die mathematische Rechnung (und so auch eine sehr im Großen mit hinlänglicher Genauigkeit ausgeführte Zeichnung) beweist, daß der Punct N, wo zum zweiten Male die Bahn senkrecht auf die nach der Sonne gezogene Richtung ist, dem Puncte A, wo dieses zuerst Statt fand, grade gegenüber liegt; sie zeigt ferner, daß die Krümmung bei N und bei A gleich groß ist, und daß die halbe Bahn A K N aus zwei völlig übereinstimmenden Theilen A K, L N besteht; und endlich zeigt sie, was hier in unsrer Figur nur als sehr ungewiß erscheinen möchte, daß diese Bahn ganz genau elliptisch ist. Weiß man einmal dieses, so ist es weniger schwer, einzusehen, daß auch die andre Hälfte der Bahn N P A jener genau gleichen, und daß der Kör-

per in A mit eben der Geschwindigkeit ankommen muß, mit welcher er von da ausging. Die Erfahrung an den Pendeln, die wir bei unsern Uhren gebrauchen, kann hier einigermaßen zur Erläuterung dienen. Wenn ich das Pendel aus seiner ruhigen verticalen Lage bringe und es seitwärts hebe, so fällt es mit zunehmender Geschwindigkeit bis zu dem Puncte, wo es sich im ruhenden Zustande befand; aber hier steht es nicht still, sondern es erhebt sich nun an der andern Seite und zwar grade bis zu der Höhe, von welcher es herab gefallen war. Eben so geht hier der Planet mit immer mehr beschleunigter Bewegung von A nach N, und die Geschwindigkeit, welche er in seinem Fallen gegen die Sonne erlangt hat, hilft ihm, grade wie dem Pendel, um sich von N wieder zu der Entfernung, die er Anfangs hatte, zurück zu bewegen.

Die mathematische Untersuchung lehrt, daß nur dann, wenn die anziehende Kraft bei zunehmender Entfernung genau so abnimmt, wie es mit der anziehenden Kraft der Sonne der Fall ist, eine elliptische Bahn hervorgebracht wird. Nähme die anziehende Kraft mit der Annähe-

rung zur Sonne in bedeutend stärkerm Grade zu, so würde der Planet nicht zu dem Puncte A zurückkehren, sondern immer fortfahren, sich der Sonne zu nähern und in immer engern Windungen um sie herumzulaufen, statt daß er jetzt in einer beständigen Bahn unaufhörlich seine Umläufe auf gleiche Art vollendet.

Ich hoffe, daß Sie mit dieser nur oberflächlichen Darstellung zufrieden sein, und es mir verzeihen werden, daß ich in einer so wichtigen Lehre Ihnen manche Frage unbeantwortet lasse. Es scheint mir, daß eine ganz vollständige Entwickelung dessen, was die mathematische Theorie lehrt, ohne Rechnung nicht ausführbar ist, und ich habe um so mehr Grund dieses zu glauben, da auch Laplace in der vortrefflichen Exposition du système du monde, wo er doch mehr eigentlich mathematische Vorkenntnisse voraussetzt, als eine Dame zu besitzen braucht, sich auf eine genauere Entwicklung nicht eingelassen hat, obgleich er sonst es sehr in seiner Gewalt hat, auch verwickelte Lehren sehr faßlich für Ungelehrte vorzutragen. Das aber werden Sie wenigstens mit Ueberzeugung einsehen, daß die Bahn eine länglichte,

bei

bei K am schwächsten gekrümmte Form haben muß, und daß die Sonne nicht in der Mitte zwischen A und N, sondern dem einen Ende der Bahn näher liegt; die genaue Theorie zeigt, daß sie im einen Brennpuncte der Ellipse liegt. Eben so wird Ihnen auch das einleuchten, daß die Himmelskörper eine desto längere Ellipse beschreiben, je geringer ihre Geschwindigkeit in A, in der größten Entfernung von der Sonne ist, und Sie werden nun schon im Voraus geneigt sein, anzunehmen, daß auch die Cometen, die sich uns nur eine Zeitlang zeigen, und sich dann wieder weit von der Sonne und von uns entfernen, in eben solchen elliptischen Bahnen laufen, aber in Bahnen, die so lang sind, daß der Comet sich weit früher unsern Augen wegen seiner Entfernung entzieht, als er den entferntesten Theil seiner Bahn erreicht hat.

Sechs und vierzigster Brief.

am 30. Mai.

Die Sonne also ist es, welche als die Beherrscherin des ganzen Systems allen Planeten und Cometen ihre Bahnen vorschreibt, und mit ihrer noch in ungeheuern Entfernungen merklichen Kraft eben so den Cometen aus seiner weitesten Ferne wieder zu sich zurückruft, wie sie die Erde nöthiget, in ewigem Kreislaufe ihre beinahe cirkelförmige Bahn zu durchlaufen. Aber die Sonne besitzt gleichwohl nicht ausschließlich das Vorrecht der anziehenden Kraft, sondern alle Körper des Systems zeigen dieselbe Kraft, aber in desto geringerm Grade, je kleiner sie sind, oder je weniger ihre Masse beträgt. Daß die Erde diese anziehende Kraft besitze, wissen wir theils aus der täglichen Erfahrung an fallenden Körpern, theils aus der Bewegung des Mondes; da ferner Jupiter, Saturn und Uranus, eben so wie die Erde, Monde haben, welche sich um sie herum bewegen, so ist es gewiß, daß auch sie die Kraft besitzen, diese in ihren Bahnen zu erhalten; und hiedurch wird es

denn schon in hohem Grade wahrscheinlich, daß auch alle andere Planeten, die ja diesen sonst in Allem so ähnlich sind, eine solche Kraft besitzen. Die genauere Beobachtung zeigt auch, daß dieses nicht bloße Vermuthung ist, sondern daß alle Planeten mit einer anziehenden Kraft, die eben so wie die Kraft der Sonne mit zunehmender Entfernung abnimmt, auf einander einwirken und ihre Bewegungen gegenseitig etwas anders bestimmen, als es die Sonne für sich allein thun würde. Liefe nur ein einziger Planet um die Sonne, so würde er immer völlig genau eine immer gleiche elliptische Bahn beschreiben, und nach jedem Umlaufe zu eben dem Puncte im Weltraume zurückkehren (wenn, wie wir annehmen dürfen, die Sonne ruhet,); jetzt ist dieses nicht genau der Fall, sondern die übrigen Planeten bringen kleine Störungen oder Perturbationen, wie man sich ausdrückt, hervor, wodurch mancherlei kleine Aenderungen in dem Laufe der Planeten bewirkt und besonders die Schwenkungen in der Lage und Figur der Bahnen hervorgebracht werden, wovon ich Sie vor einigen Wochen einmal unterhalten und zugleich bemerkt habe, wie unbedeutend sie sind,

und wie wenig sie den Zustand des ganzen Planetensystems erschüttern können.

Mit einer genauern Entwickelung des Einflusses dieser störenden Kräfte werde ich Sie nicht aufhalten; Sie werden leicht im Allgemeinen einsehen, daß so etwas Statt finden muß, daß diese Einwirkung bei jeder verschiedenen Stellung der Planeten gegen einander sich ändert, daß aber doch die gesammte Einwirkung auch von der Art sein kann, daß sie eine dauernde und immer wachsende, oder wenigstens lange Zeit durch zunehmende Aenderung in der Bahn eines Planeten bewirkt. Indeß können alle diese Aenderungen nur unbedeutend sein, da selbst der größte Planet, Jupiter, noch nicht den tausendsten Theil der Kraft besitzt, mit welcher die Sonne auf die Planeten wirkt, und überdieß die verschiedenen Stellungen der Planeten gegen einander beitragen, diejenige Wirkung das eine Mal zum Theil wieder gut zu machen, welche sie das andre Mal hervorgebracht haben.

Die genauere Untersuchung dieser Störungen gehört zu den schwierigsten in der theoretischen Astronomie; indeß ist man dahin gekommen, zu beweisen, daß alle kleine Ungleich-

heiten, welche man durch die genauesten Beobachtungen im Laufe der Himmelskörper bemerkt, Folgen der anziehenden Kräfte sind; man kann schon jetzt alle diese Ungleichheiten mit großer Genauigkeit voraus berechnen und würde es noch genauer können, wenn man die Größe der Kraft jedes einzelnen Körpers anderswoher genau kennte, und nicht für einige Planeten erst aus ihren Wirkungen schließen müßte, wie stark ihre anziehende Kraft ist, wo dann offenbar eine große Reihe von Beobachtungen erfordert wird, um sichre Schlüsse zu ziehen und sich von ihrer Gültigkeit fest zu überzeugen. Ein sehr großer Vortheil ist es hiebei, daß man die anziehende Kraft der größten Planeten, des Jupiter, Saturn und Uranus aus der Bewegung ihrer Monde genau kennt, und also die verhältnißmäßig nur kleinen Wirkungen der übrigen Planeten abgesondert betrachten, und dann die Kraft, mit welcher sie die Bewegung ändern, leichter aus den beobachteten Aenderungen ableiten kann.

Doch ich halte Sie zu lange mit diesen allgemeinen Betrachtungen auf; es wird Ihnen vielleicht angenehmer sein, wenn ich Ihnen an

den Ungleichheiten in der Bewegung des Mondes etwas näher den Einfluß erkläre, welchen die anziehende Kraft eines dritten Körpers auf die Bewegung des um die Erde bewegten Mondes hervorbringt. Als ich Ihnen vor einiger Zeit die Ursachen erläuterte, welche den Mond nöthigen, in einer beinahe kreisförmigen Bahn um die Erde zu gehen, da betrachtete ich die Sache so, als ob bloß diese beiden Körper im Weltraume vorhanden wären, und die Erde unbeweglich an ihrer Stelle bliebe. Wenn dieses wirklich sich so verhielte, so würde (wenigstens wenn die Erde eine genaue Kugel wäre,) der Mond in einer unveränderlichen, kreisförmigen oder etwas elliptischen Bahn um die Erde laufen, so wie ich es ohngefähr Ihnen damals entwickelte. Aber die Erde selbst bewegt sich und führt den Mond mit fort, und die wahre Bahn des Mondes, welche er im Weltraume durchläuft, ist nun kein Kreis, sondern ohngefähr eine solche schlangenartig gekrümmte Linie, wie Fig. 63 sie darstellt; doch muß ich bemerken, daß der Abstand des Mondes von der Erde noch kleiner ist, als ich ihn hier und in Fig. 64 verhältnißmäßig zeigen konnte. Sie übersehen

sehr leicht, daß die vereinigte Kraft der Erde und Sonne es ist, welche den Mond nöthiget, diese Bahn zu verfolgen. Befindet der Mond sich im Vollmonde in A, (Fig. 63) während die Erde in B ist, so würde er, vermöge der Geschwindigkeit, die er schon besitzt, einen Kreis um die Sonne zu beschreiben anfangen, wenn nicht, indem er der Erde voraus zu eilen strebt, diese ihn zurückzöge und ihn nöthigte sich der Sonne zu nähern und nach C zu zu gehen. Indem er diese geschlängelte Bahn verfolgt, gewinnt die Erde, wenn ich mich so ausdrücken darf, Zeit, um ihm mehr und mehr nachzukommen, und wenn sie in D angekommen ist, so hat sie ihn völlig erholt, indem der Mond sich jetzt als Neumond in E befindet. Die 64ste Figur stellt noch etwas genauer die gleichzeitigen Stände des Mondes und der Erde für einen Umlauf des Mondes dar. Wenn nämlich die Erde in A ist, so befindet sich der Mond in a; ist die Erde nach B gekommen, so befindet sich der Mond in b. Die Erde vermindert jetzt die Geschwindigkeit, mit welcher der Mond im Begriff war, einen Kreis um die Sonne zu beschreiben, und er muß daher der Kraft der

Sonne nachgeben und sich ihr nähern; auch wenn die Erde in C und der Mond in c ist, findet dieß noch einigermaßen Statt, obgleich jetzt die Erde doch auch schon stark mitwirkt, dem Monde eine zu weite Annäherung zur Sonne, die ohne weitere Entfernung von der Erde nicht möglich wäre, zu verbieten, indem die Richtung ihres Zuges der Kraft der Sonne immer mehr entgegengesetzt wird. Zur Zeit des Neumondes ist der Mond in d und die Erde in D, und da die Kraft der Erde jetzt der Sonne grade entgegenwirkt, so ist der nach der Sonne gerichtete Zug zu schwach, um den Mond in der Entfernung von der Sonne zu erhalten, in welcher er sich in diesem Augenblicke befindet; er fängt also an, sich von der Sonne zu entfernen, aber die zusammengesetzte Einwirkung der Sonne und der Erde erlaubt ihm nicht, sich in einer elliptischen Bahn von der Sonne zu entfernen, sondern er muß die Erde begleiten; er bleibt jetzt hinter der Erde zurück, und diese wirkt nun so, daß sie seine Bewegung beschleunigt, und ihn, wenn er in e und sie in E ist, von der Sonne abwärts zieht; ist die Erde in F und der Mond in f

angekommen, so beschleunigt sie noch seine Bewegung, strebt aber nun, ihn mehr zu sich und zur Sonne hinzuziehen, weßhalb dann in g die Zunahme seiner Entfernung von der Sonne aufhört und wieder in Annäherung übergeht.

Dieses ist eine ohngefähre Darstellung der wahren Bewegung des Mondes; ich habe Ihnen aber einmal, wenn ich nicht irre, etwas von den Veränderungen gesagt, die wir in der Figur der Mondbahn bemerken, und ich bin also schuldig, Ihnen davon und von einigen andern Ungleichheiten in der Bewegung des Mondes nähere Rechenschaft zu geben. Dieses will ich im nächsten Briefe zu thun versuchen.

Sieben und vierzigster Brief.

am 6. Junii.

Obgleich der Mond, indem er die fortrückende Erde begleitet, keine kreisförmige oder elliptische Bahn um die Erde beschreibt, so hat er doch für uns, da wir unser eignes Fortgehen nicht bemerken, grade eben das Ansehen. Denn, indem die Erde (Fig. 64) in A ist, sehen wir den Mond der Sonne gegenüber; während die Erde nach B geht, ist der Mond nach b gekommen, und steht beinahe seitwärts von der nach der Sonne gezogenen Richtung; in D müssen wir ihn als Neumond in der Nähe der Sonne sehen, in F sehen wir ihn beinahe im Viertel u. s. w., und so scheint er uns einen Kreis um uns zu durchlaufen. Diese Erscheinungen würden ganz vollkommen mit denen übereinstimmen, welche der Mond auf einer ruhenden Erde, wenn gar keine Sonne vorhanden wäre, darbieten müßte, wenn die anziehende Kraft der Sonne in allen Entfernungen gleich groß und also ihre Wirkung auf den Mond immer genau so groß als ihre Wirkung auf die Erde wäre. Aber die Sonne zieht den

Mond, wenn er als Neumond ihr am nächsten ist, stärker an als die Erde, und hingegen wird der Mond im Vollmonde weniger zu ihr hingezogen, als es bei der Erde der Fall ist, und dieses bringt Ungleichheiten in der Bewegung des Mondes hervor, worüber ich hier Ihnen etwas mittheilen will.

Wären Erde und Mond allein im Weltraume da, so würde der Mond seine elliptische Bahn bei jedem Umlaufe um die Erde auf gleiche Weise zurücklegen, und diese Bahn würde bei jedem Umlaufe gleich viel vom Kreise verschieden sein. Statt dessen aber bemerkt man, daß die Mondbahn am meisten elliptisch ist, wenn die Zeit seiner größten oder kleinsten Entfernung von der Erde mit dem Neumonde oder Vollmonde zusammentrifft, und daß seine Bahn dem Kreise am ähnlichsten ist, wenn er zur Zeit der Viertel der Erde am nächsten kömmt, oder auch am weitesten von ihr entfernt ist. Daß dieses von der anziehenden Kraft der Sonne herrührt, läßt sich ziemlich leicht einsehen. Nehmen Sie an, in Fig. 65 sei A B C die Bahn, welche der Mond durchlaufen würde, wenn die Erde in E still stände, und die Sonne stehe in D,

der Mond aber befinde sich in A in seiner kleinsten Entfernung von der Erde: so wird die Erde jetzt am stärksten auf ihn wirken, und auch die Sonne wird nicht viel schwächer auf ihn wirken als auf die Erde, weil die Entfernung der Erde und des Mondes von der Sonne jetzt nicht so ungleich ist, als z. B. wenn der Mond sich zur Zeit des Vollmonds in seiner mittlern Entfernung von der Erde befände. Die vereinigte Wirkung beider Körper nöthiget also den Mond in A mit schnellerer Krümmung gegen die Sonne zu zu gehen und eben dadurch den Anfang zu einer mehr elliptischen Bahn zu machen, als er ohne Mitwirkung der Sonne beschrieben hätte. Ist der Mond kurz nachher, wenn die Erde sich in e befindet, nach c in seine größte Entfernung von der Erde gekommen, und dabei wie von selbst erhellt, beinahe der Sonne am nächsten, so ist die Wirkung der Erde auf ihn schwach wegen seiner großern Entfernung, die Sonne hingegen zieht ihn bedeutend stärker an als die Erde, und hält ihn also in dieser Gegend seiner Bahn länger auf, oder zieht ihn näher zu sich hin, als unter andern Umständen geschehen würde. Alles also trägt

dazu bei, die Mondbahn mehr länglicht zu machen, oder seine größte und kleinste Entfernung von der Erde mehr ungleich zu machen, wenn Erdnähe des Mondes und Vollmond zusammentreffen. Etwas Aehnliches findet Statt, wenn die Erdnähe mit dem Neumonde zusammentrifft, oder wenn die Erde in F und der Mond in G der Erde am nächsten ist. Hier ist in G die Wirkung der Erde stärker, die der Sonne schwächer als sonst zur Zeit des Neumondes, und dieses erlaubt dem Monde, sich ungewöhnlich schnell von der Sonne zu entfernen; dagegen ist er gegen die Zeit des Vollmondes weit von der Erde und Sonne, und ihre schwächere Kraft erlaubt ihm also, sich weiter von der Erde zu entfernen, folglich eine sehr länglichte Bahn in Beziehung auf die Erde zu beschreiben. Dagegen bleiben die Abstände des Mondes von der Erde sich während eines ganzen Umlaufs um die Erde mehr gleich, wenn der Mond in K in der Erdnähe ist, indem er uns im Viertel erscheint; denn dann sucht die Sonne die Mondbahn nach der Richtung M N, wo sie am schmalsten ist, zu erweitern, und bringt sie so, wenn wir diese Bahn bloß in

Beziehung auf die Erde betrachten, der Kreisform näher.

Auch auf die Geschwindigkeit des Mondes in den verschiedenen Theilen seiner Bahn hat die Sonne einen Einfluß, indem sie (Fig. 65) die Bewegung des von L nach N laufenden Mondes beschleunigt, oder im Gegentheil ihn zurückhält, wenn er von N nach K zu fortgeht.

Da die Kraft der Sonne, welche diese Ungleichheiten in der Bewegung des Mondes hervorbringt, sehr von der Entfernung der Sonne abhängt: so wird es Ihnen wohl nicht befremdend vorkommen, daß die Beobachtung jener Ungleichheiten auch dazu benutzt werden kann und benutzt ist, um die Entfernung der Sonne von uns zu bestimmen. Die Berechnungen zeigen, daß auch diese Erscheinungen für die Entfernungen des Mondes und der Sonne von der Erde eben das Verhältniß angeben, wie die Beobachtungen der Parallaxe. Welchen Einfluß es auf die Bewegung des Mondes hat, wenn die Sonne sich in einer größern oder kleinern Entfernung von der Erde und vom Monde befindet, das zeigen auch die Beobachtungen

selbst, indem sie uns lehren, daß die Bewegung des Mondes im Winter, wenn wir der Sonne am nächsten sind, bei sonst gleichen Umständen etwas anders ist als im Sommer, wenn wir uns in größerer Entfernung von der Sonne befinden. Im Allgemeinen trägt die Wirkung der Sonne immer bei, den Mond etwas von der Erde zu entfernen und die Zeit seines Umlaufs um die Erde zu verlängern, und beides thut sie am stärksten, wenn sie uns am nächsten ist. Um diese Wirkung zu begreifen, bitte ich Sie einen Blick auf die Zeichnung (Fig. 64) zu werfen. Ist hier in d der Mond der Sonne am nächsten, so vermindert sie durch ihre anziehende Kraft die Wirkung der Kraft, welche den Mond gegen die Erde hinzieht, und nöthiget ihn, indem er von d nach e geht, sich entfernter von der Erde zu halten, als es geschehen würde, wenn die Erde allein eine Wirkung auf ihn äußerte. Eben diesen Erfolg bringt sie auch hervor, wenn der Mond sich in g am meisten von der Sonne entfernt befindet. Hier nämlich hat der Mond eine Geschwindigkeit, welche größer als die Geschwindigkeit der Erde ist, und die ihn, wenn

er sie immer behielte, auf einem um die Sonne gezogenen und durch g gehenden Kreise in eben der Zeit, ja noch in kürzerer als die Erde um die Sonne herumbringen würde. Aber die Kraft der Sonne, welche in g noch schwächer als auf die Erde G wirkt, ist nicht stark genug, den so schnell bewegten Mond auf diesem Kreise zu erhalten, sondern er würde hier sich weiter von der Sonne entfernen, wenn nicht die Kraft der Erde dieses hinderte. Diese Kraft der Erde zwingt ihn nun zwar, nicht bloß in eben der Entfernung von der Sonne zu bleiben, sondern sogar sich ihr zu nähern; aber indem sie zum Theil verwandt wird, um das zu ersetzen, was der Sonne an Kraft fehlte, so kann sie doch nicht ganz die Wirkung äußern, oder nicht ganz den Mond so nahe zu sich ziehen, als sie thun würde, wenn er sich bloß um die Erde bewegte und nicht zugleich mit um die Sonne herum geführt würde. Der Mond hat also sowohl beim Neu= als beim Vollmonde eine Neigung, sich mehr von der Erde zu entfernen, als er haben würde, wenn er sich um die ruhende Erde, ohne Einwirkung der Sonne bewegte; und

ob=

obgleich im Gegentheil zur Zeit der Viertel die Kraft der Sonne einen entgegengesetzten Einfluß hat, so wird doch dadurch jene Wirkung nicht ganz aufgehoben, sondern der Mond wird durch die vereinigte Wirkung beider Weltkörper etwas entfernter von uns gehalten, und vollendet seinen Umlauf etwas langsamer, als es geschehen würde, wenn Mond und Erde allein da wären. Ist aber dieses einmal erwiesen, so erhellet von selbst, daß diese Einwirkung der Sonne am größten sein muß, wenn sie uns am nächsten ist, und daß so eine Ungleichheit im Laufe des Mondes entsteht, die von der Figur der Erdbahn abhängt und vermöge welcher der Mond sich etwas langsamer um uns bewegt, wenn wir der Sonne am nächsten sind, und etwas schneller, wenn wir am weitesten von ihr entfernt sind. Und dieses wirft nun zugleich einiges Licht auf die sehr merkwürdige Beobachtung, daß seit mehreren Jahrhunderten oder Jahrtausenden der Mond sich im Ganzen der Erde um etwas Weniges genähert hat, und jetzt seinen Umlauf um die Erde in etwas kürzerer Zeit vollendet, als vor tausend oder zweitausend Jahren. Daß dieses

wirklich sich so verhalte, weiß man aus Beobachtungen von Sonnen- und Mondfinsternissen, die in jenen alten Zeiten angestellt sind, und die mit der Bewegung des Mondes, welche wir jetzt beobachten, nicht zusammen stimmen. Diese Nachrichten bewogen schon vor mehrern Jahren die Astronomen, eine allmählige Beschleunigung des Mond-Umlaufs und eine allmählige Annäherung zur Erde anzunehmen, obgleich man damals sich die Ursache dieser Erscheinung nicht zu erklären wußte und mancherlei unstatthafte Hypothesen zu Hülfe nahm, um zu einer Erklärung zu gelangen. Endlich gelang es dem berühmten Laplace, die richtige Erklärung aufzufinden. Da nämlich die Bewegung des Mondes von der Größe und Figur der Erdbahn abhängig ist, wie ich eben gezeigt habe, und man aus andern Beobachtungen weiß, daß die Figur der Erdbahn sich im Fortgange der Zeit ein wenig ändert, so war der Gedanke natürlich, daß diese Aenderung an der beobachteten Beschleunigung der Bewegung des Mondes Schuld sein könne. Die genauere Untersuchung bewies die Richtigkeit dieses Gedankens, und obgleich diese Untersuchung in ihrer Vollständig-

keit Berechnungen erfordert, die ich Ihnen nicht mittheilen darf, so wird Ihnen doch jetzt die Möglichkeit dieses Zusammenhanges nicht mehr befremdend vorkommen. Stellen Sie sich vor, daß die Erdbahn kreisförmig wäre, wie ABC (Fig. 66), so würde bei jeder Stellung der Erde die Einwirkung der Sonne auf den Mond gleich groß sein; änderte sich nun die Gestalt der Erdbahn so, daß ihre größte Länge DT ihrem vorigen Durchmesser gleich bliebe, aber sie eine mehr elliptische Form erhielte, so würde zwar in D die Wirkung der Sonne auf den Mond schwächer, in F aber stärker sein als vorhin, und da die Einwirkung mit der Annäherung zur Sonne sehr stark zunimmt, so beträgt die Verstärkung für den einen Theil der Bahn mehr als die Schwächung für den andern. Die gesammte Einwirkung der Sonne auf den Mond ist daher stärker bei einer mehr elliptischen Erdbahn, wenn der größte Durchmesser der Erdbahn, wie dieses wirklich der Fall ist, während der Aenderungen ihrer Figur immer gleich bleibt. Es muß folglich, weil seit einigen Jahrtausenden die Erdbahn sich mehr der Kreisform nähert, die gesammte Einwirkung der

Sonne auf die Bewegung des Mondes im Abnehmen sein; und da jene Einwirkung immer beiträgt, den Mond etwas mehr entfernt von der Erde zu erhalten, so muß, wenn sie abnimmt, der Mond der Erde ein wenig näher rücken und die Erscheinungen darbieten, welche den Astronomen lange unerklärlich schienen. Diese Ueberzeugung kann uns zugleich über die Annäherung des Mondes beruhigen, da man sonst fürchten müßte, es möchte endlich nachtheilige Folgen für die Erde haben, wenn der Mond sich uns immer mehr näherte. Denn die Berechnung zeigt, daß die Erdbahn nicht immer fortfahren wird, eine mehr und mehr kreisförmige Gestalt anzunehmen, und es folgt dann von selbst, daß der Mond sich wieder mehr von uns entfernen würde, wenn die Erdbahn anfängt, sich wieder mehr der elliptischen Form zu nähern.

Ich habe Sie heute mit Kleinigkeiten unterhalten; aber ich befürchte nicht, daß Ihnen dieses unangenehm sein werde. Eben die Ueberzeugung, daß auch diese Kleinigkeiten sich völlig genügend aus der Theorie der anziehenden Kräfte erklären lassen, führt uns am sichersten zu der

Gewißheit, daß es mit den Behauptungen der Astronomen nicht leerer Wortkram ist, sondern daß ihre Beobachtungen und Berechnungen vollen Glauben verdienen. Zwar kann diese Ueberzeugung durch eine oberflächliche Darstellung, wie es die meinige nur sein kann, nicht so begründet werden, wie durch eine auf alle Umstände Rücksicht nehmende Rechnung; — ich muß mich begnügen, nur einige Hauptpuncte anzugeben, nur anzudeuten, in welchen Fällen diejenigen Einflüsse am merklichsten werden, die in schwächerm oder stärkerm Grade immer fortdauern, indem es zu langweilig sein würde, wenn ich ihr allmähliges Zunehmen und Abnehmen für die ganze Bewegung des Weltkörpers untersuchen und diesen gleichsam auf seiner ganzen Bahn verfolgen wollte; aber dennoch hoffe ich, daß diese oberflächliche Darstellung hinreicht, um Sie von der Wahrheit der Behauptungen im Allgemeinen zu überzeugen und es Ihnen einleuchtend zu machen, wie die Lehre von den anziehenden Kräften uns die Ursachen der anscheinenden Irregularitäten im Laufe der Himmelskörper kennen lehrt. Das einzige Gesetz, daß die Himmelskörper alle eine anziehende

Kraft besitzen, die mit zunehmender Entfernung in gedoppeltem Verhältniß der Entfernung abnimmt, reicht hin, um alle Veränderungen in dem Zustande unsers Sonnensystems zu erklären. Es ließen sich noch mehrere Umstände in der Bewegung des Mondes und der Planeten auf ähnliche Weise erklären, aber diese Probe wird hinreichen, um Ihnen die Ueberzeugung zu gewähren, zu welcher ich Sie zu leiten wünschte.

Acht und vierzigster Brief.

am 10. Juni.

Ich habe Ihnen noch nichts von den Monden des Jupiter, Saturn und Uranus und von dem Ringe des Saturn gesagt; — wir müssen diesen wohl heute einige Aufmerksamkeit schenken. Erwarten Sie indeß nicht, daß ich Sie heute mit alle dem Merkwürdigen unterhalte, was sich über diese Gegenstände sagen ließe, mit den Erscheinungen, welche der Ring des Saturnus uns und den Bewohnern des Saturn darbietet, mit den Beobachtungen, welche zu

beweisen scheinen, daß die Monde der andern Planeten eben so wie unser Mond beständig einerlei Seite gegen ihren Hauptplaneten kehren u. s. w. — Dieses alles muß ich für jetzt übergehen, und für eine neue Reihe von Briefen, wenn Sie noch mehrere lesen mögen, aufsparen, wo ich Ihnen das Wichtigste von dem, was wir über die natürliche Beschaffenheit der Himmelskörper, über ihre Berge und Thäler, ihre Atmosphäre und Wolken wissen, zusammen zu stellen und mitzutheilen denke. Hier muß ich mich begnügen, nur etwas Weniges über diese Körper zu sagen und werde dann Ihnen erklären, wie die Bewegung dieser Monde uns die Stärke der anziehenden Kräfte ihrer Hauptplaneten kennen lehrt.

So wie die Erde nur einen Mond zu ihrer Begleitung hat, so hat der Jupiter vier, der Saturn sieben, und der Uranus vermuthlich wenigstens sechs, wovon indeß nur zwei groß genug sind, um mit guten Telescopen fortdauernd beobachtet zu werden, die übrigen hat Herschel nur in einzelnen günstigen Zeitpuncten gesehen, und wir sind daher über ihre eigentliche Entfernung vom Uranus und die Zeit ihres

Umlaufs um ihn nur noch sehr unvollkommen unterrichtet; — es waren, wie Herschel bemerkt, dieses die kleinsten Gegenstände am Himmel, die er je beobachtet hatte. Die Monde des Jupiter sind unter diesen Nebenplaneten diejenigen, die wir am leichtesten beobachten können und deren Bewegung wir daher genauer kennen. Sie zeigen im Allgemeinen eben die Erscheinungen wie unser Mond, sie bewegen sich nach denselben Gesetzen um ihren Hauptplaneten, sie werden von ihm verfinstert und uns unsichtbar, wenn sie in seinen Schatten treten, und sie bringen auf dem Jupiter Sonnenfinsternisse hervor, indem sie ihren Schatten auf ihn werfen, den man mit starken Fernröhren als ein schwarzes Fleckchen auf der Scheibe des Jupiter sehen kann. Dieses kleine Planetensystem ist für die Astronomen sehr lehrreich, weil man da alle die Erscheinungen, alle die Störungen, die allmähligen Aenderungen in der Lage der Bahnen wiederfindet, wie in dem Systeme der Hauptplaneten. Und da die Umlaufszeiten dieser Monde sehr kurz sind, so sind auch die Perioden der Störungen kürzer und die Aenderungen in der Lage und Figur der Bahnen,

welche bei den Hauptplaneten erst in Jahrtausenden recht merklich werden, sind dort in weit kürzern Zeiträumen zu bemerken. Die Monde des Saturn würden vielleicht noch interessantere Resultate darbieten, da ihre größere Zahl und die Einwirkung des Ringes noch mannigfaltigere Störungen hervorbringen müssen; aber sie sind zu entfernt von uns, als daß man sie mit mittelmäßigen Fernröhren genau beobachten könnte, und da nur wenige Astronomen mit sehr starken Instrumenten ausgerüstet sind, so sind die Beobachtungen dieser Monde noch nicht häufig genug angestellt. Eben dieses gilt von den noch entferntern und sehr schwer zu beobachtenden Monden des Uranus.

Der Ring des Saturn, der als ein platter, vom Saturn abgesonderter Körper, um diesen schwebt, ohngefähr so wie der breite Horizont an der künstlichen Himmelskugel diese umgiebt, ist gewiß die auffallendste Erscheinung in unserm Sonnensystem. Statt der Kugelform, die wir sonst überall wieder finden, haben wir hier einen platten, in Vergleichung seiner Breite sehr dünnen Körper, der mit seiner schmalen Seite gegen den Planeten gekehrt ist, und diesen wie

ein Ring rundum umgiebt. Es scheint, daß er eine Bewegung um den Saturn hat, wobei er zwar immer denselben Orten auf dem Saturn im Zenith bleibt, aber bald eine bald die andre Stelle seines Umfangs in das Zenith eines solchen Orts bringt. Die ganze Erscheinung des Ringes muß sich auf dem Saturn so ausnehmen, als wenn bei uns der ganze Weg, den unser Mond unter den Sternen durchläuft, oder die ganze Ecliptik mit vielen Monden besetzt wäre, die alle mit gleicher Geschwindigkeit um die Erde herumliefen. Dieser Begleiter mag für manche Bewohner des Saturn viel Angenehmes haben, aber für andre scheint er, wenn wir nach unsrer Ansicht der Sachen urtheilen dürfen, sonderbare Unbequemlichkeiten hervorzubringen. Er wirft nämlich, wie man mit guten Fernröhren deutlich sieht, einen Schatten auf den Saturn, und verfinstert denjenigen Theil des Saturn, wo dieser hinfällt, viele Jahre durch die Sonne, so daß, wenn es dort lebende Wesen giebt, diese in einer sehr langen Nacht leben. Doch wir können nicht darüber urtheilen, wie fern dieses für die Saturn-Bewohner unbequem ist, da offenbar ihre körperliche Be-

schaffenheit und ihr ganzes Wesen auf tausendfache Weise von dem unsrigen verschieden sein kann.

Sie werden wohl nicht erwarten, daß ich Sie mit umständlichen Erörterungen über die Bewegung dieser Monde, ihre Ungleichheiten und die Ursachen derselben unterhalte; ich werde bloß ein Täfelchen hier einrücken, woraus Sie die Entfernungen derselben von dem Hauptplaneten und die Umlaufszeiten sehen können. Die Verfinsterungen der Jupiters-Monde, indem sie in den Schatten des Jupiter treten, hat man ehemals wohl als Signale zur Längenbestimmung für verschiedene Orte auf der Erde gebraucht; aber man hat gefunden, daß die Zeit, wenn ein solcher Mond unsichtbar wird, mit verschiedenen Instrumenten ungleich beobachtet wird, indem man mit starken Fernröhren und bei heller Luft den schon großen Theils verfinsterten Mond noch sehen kann, während schwächere Instrumente ihn nicht mehr zeigen, oder die weniger reine Luft eines andern Orts schon hindert, ihn zu sehen. Da nun grade auf die Gleichheit des Augenblicks, wo man den Mond verschwinden sieht, bei der Längenbestimmung

alles ankömmt, so sind diese Beobachtungen nicht ganz tauglich dazu, und man bedient sich ihrer jetzt fast gar nicht mehr zu diesem Zwecke.

Ich schiebe hier folgendes Täfelchen ein, welches wohl keiner Erläuterung bedarf.

		Mittlere Entfernungen der Monde von ihrem Hauptplaneten in Halbmessern des Hauptplaneten, zu dem sie gehören.	Mittlere Entfernungen der Monde von ihrem Hauptplaneten in geographischen Meilen.	Umlaufszeiten um den Hauptplaneten.
Mond der Erde		$59\frac{964}{1000}$	103070	27 T. 7 St. 43 M.
Erster	Jupiters-Monde	$5\frac{7}{10}$	108000	1 T. 18 St. —
Zweiter	Jupiters-Monde	$9\frac{7}{100}$	172000	3 „ 13 „ —
Dritter	Jupiters-Monde	$14\frac{46}{100}$	275000	7 „ 4 „ —
Vierter	Jupiters-Monde	$25\frac{44}{100}$	483000	16 „ 17 „ —
Erster	Saturnus-Monde	$3\frac{8}{100}$	55000	0 „ 23 „ —
Zweiter	Saturnus-Monde	$3\frac{95}{100}$	70000	1 „ 9 „ —
Dritter	Saturnus-Monde	$4\frac{89}{100}$	86500	1 „ 21 „ —
Vierter	Saturnus-Monde	$6\frac{27}{100}$	111000	2 „ 18 „ —
Fünfter	Saturnus-Monde	$8\frac{75}{100}$	155000	4 „ 12 „ —
Sechster	Saturnus-Monde	$20\frac{29}{100}$	359000	15 „ 23 „ —
Siebenter	Saturnus-Monde	$59\frac{15}{100}$	1047000	79 „ 8 „ —
Erster	Uranus-Monde	$17\frac{2}{100}$	128000	8 „ 17 „ —
Zweiter	Uranus-Monde	$22\frac{75}{100}$	171000	13 „ 11 „ —
Ring des Saturnus		Kleinster Durchmesser in geograph. Meilen 31600	Größter Durchmesser in geograph. Meilen 44500	

Ich gehe jetzt zu einer andern Folgerung über, zu welcher die Beobachtung des Laufes dieser Monde uns geleitet hat und die für die Astronomen von großer Wichtigkeit ist, nämlich zur Bestimmung der anziehenden Kraft dieser von Monden begleiteten Planeten. — Es scheint zwar Anfangs auffallend, wenn man die Mathematiker behaupten hört, ein Körper, der sich nahe an der Oberfläche der Sonne befindet, müsse im freien Falle in der ersten Secunde mehr als 400 Fuß durchlaufen, so wie er an der Oberfläche der Erde nur etwas mehr als 15 pariser Fuß durchläuft; aber dennoch ist diese Behauptung nicht grundlos, ja, ich glaube sogar, daß Sie die Schlüsse schon ahnden werden, die uns zu diesem Resultate führen können, wenn Sie sich daran erinnern, wie wir das Fallen des Mondes gegen die Erde und des Mercurius gegen die Sonne bestimmten.

Sie erinnern sich ohne Zweifel, wie man aus der Krümmung der Mondbahn oder aus dem Raume, um welchen der Mond in einer Minute von seiner anfänglichen Richtung abgelenkt wird, die Kraft bestimmte, mit welcher die Erde ihn anzieht, und wie sich daraus ergab,

daß der Mond, wenn er sich nicht im Kreise bewegte, sondern anfinge gegen die Erde zu fallen, in der ersten Minute 15 Fuß zurück- legen würde. Eben so fanden wir für den Mercurius, daß er wegen der anziehenden Kraft der Sonne ohngefähr 230 Fuß in der ersten Minute fallend durchlaufen würde, wenn er von seiner Kreisbewegung befreiet, anfinge gegen die Sonne zu fallen, und die Sonne zeigt also in einer Entfernung, die weit größer als die Entfernung des Mondes von uns ist, eine Kraft, welche die Kraft der Erde noch um vieles über- trifft. Da die anziehende Kraft der Erde in gedoppeltem Verhältnisse der zunehmenden Ent- fernung abnimmt, so würde ein Mond, der zweimal so weit als der unsrige von uns ent- fernt wäre, viermal schwächer angezogen und also nur ein Viertel von 15 Fuß, das ist $3\frac{3}{4}$ Fuß in der ersten Minute durchfallen; wäre der Mond aber sogar so weit vom Mittelpuncte der Erde, als der Mercurius vom Mittelpuncte der Sonne, das ist beinahe 160mal so weit, als er wirklich von der Erde entfernt ist, so würde sein Fallraum in der ersten Minute nur $\frac{6}{10000}$ eines Fußes, oder noch nicht den hun-

dertsten Theil eines Zolles betragen. Die Kraft der Sonne ist also so stark, daß sie da noch ein Fallen von 230 Fuß in einer Minute bewirkt, wo die Erde nur eine Wirkung von $\frac{1}{100}$ Zoll bewirken könnte, oder, wie eine genauere Rechnung es angiebt, die Kraft der Sonne ist in gleicher Entfernung beinahe 330000mal so groß als die Kraft der Erde.

Wäre nun die Sonne eben so groß als die Erde, so würde hieraus von selbst folgen, daß ein Körper auf der Sonne 330000mal so schnell fallen müßte als auf der Erde; aber da die Sonne einen 112mal so großen Durchmesser als die Erde hat, so sind die Körper an ihrer Oberfläche 112mal so weit vom Mittelpuncte oder dem eigentlichen Sitze der vereinigten anziehenden Kraft entfernt, als es die Körper auf der Erde vom Mittelpuncte der Erde sind. Diese große Entfernung schwächt jene ungeheure Kraft, so daß sie an der Oberfläche der Sonne nur $\frac{1}{12500}$ so stark ist, als sie in 112mal so großer Nähe beim Mittelpuncte sein würde, *) und so findet man, daß die anziehende

*) Weil 112mal 112 wenig von 12500 verschieden ist.

hende Kraft der Sonne an ihrer Oberfläche doch nur 27mal so stark ist als unsre Schwere, und daraus folgt, daß dort ein fallender Körper etwa 400 Fuß in der ersten Secunde zurücklegen würde.

Da die Beobachtungen der Monde des Jupiter uns von der Entfernung, in welcher jeder derselben sich vom Mittelpuncte des Hauptplaneten befindet, und von der Umlaufszeit dieser Monde unterrichten: so ist es nun nicht schwer, auch für diese die Berechnung anzustellen, wie viel sie in jeder Minute von ihrer anfänglichen Richtung abgelenkt oder mit welcher Kraft sie vom Jupiter angezogen werden. Vergleicht man die Kraft, mit welcher Jupiter auf den nächsten Mond wirkt, mit derjenigen, die er auf den zweiten, dritten und vierten äußert, so findet man, daß auch bei ihm die anziehende Kraft in eben dem Verhältniß mit zunehmender Entfernung abnimmt, wie dieses bei der Sonne und Erde der Fall ist. Auch für Saturn und Uranus findet eben das Gesetz Statt. — Diese Untersuchungen, womit ich Sie nicht umständlicher unterhalte, weil sie den Gang derselben gewiß hinlänglich übersehen, haben gelehrt, daß

die anziehende Kraft des Jupiter ohngefähr 309mal, des Saturn nicht völlig 100mal, des Uranus etwa 17mal so stark ist als die der Erde in gleicher Entfernung.

Die anziehende Kraft ist also zwar am stärksten bei denjenigen Körpern unsers Sonnensystems, welche die größten sind; aber sie steht nicht in genauem Verhältnisse dieser Größe. Die Sonne ist beinahe $1\frac{1}{2}$ Millionen Mal so groß als die Erde, und ihre anziehende Kraft ist doch nur 330000 Mal so groß als die der Erde; Jupiter ist fast 1500 Mal so groß als die Erde, und doch ist seine anziehende Kraft nicht in eben dem Verhältnisse stärker als die anziehende Kraft der Erde. Dieses zeigt also, daß es nicht auf die Größe allein ankömmt, sondern noch auf andre Eigenschaften; und weil man weiß, daß auf der Erde die dichtesten Körper, oder diejenigen, welche die meiste Materie enthalten, auch die schwersten sind, so ist es am wahrscheinlichsten, daß die Stärke der anziehenden Kraft sich zugleich nach der Dichtigkeit eines jeden Planeten richtet, so daß diejenigen die meiste Kraft besitzen, welche bei gleicher Größe am dichtesten sind.

Doch ohne darüber zu entscheiden, ob die Vermehrung der anziehenden Kraft wirklich von der Dichtigkeit oder der größern Anzahl materieller Theile in dem gleichen Raume herrührt, können wir wenigstens das sagen, daß die Kraft, mit welcher die Erde die Körper anzieht, etwa 4mal so stark ist, als die anziehende Kraft eines gleich großen Theils der Sonne, daß jedes der Erde gleiche Stück des Jupiter noch weniger anziehende Kraft besitzt, und daß beim Saturn die anziehende Kraft eines eben so großen Stückes nur $\frac{1}{10}$ von der Attractionskraft der Erde beträgt.

Man hat auch die anziehende Kraft der übrigen Planeten aus den Wirkungen, welche sie auf die Bewegung der benachbarten Planeten hervorbringen, zu bestimmen gesucht, und hat dadurch gefunden, daß der Mercurius eine weit größere anziehende Kraft besitzt, als man nach seinem kleinen Körper vermuthen sollte, oder als ein so kleines Stück der Erde besitzen würde. Wenn wir also die Dichtigkeit eines Körpers als Ursache seiner stärkern anziehenden Kraft ansehen dürfen, so wäre Mercurius am dichtesten, Saturn am wenigsten dicht; über den Uranus

können wir wohl noch nicht gewiß entscheiden, da kleine Fehler in Bestimmung des Abstandes seiner Monde von ihm bedeutende Unrichtigkeit in die Bestimmung seiner anziehenden Kraft bringen. Laplace macht uns Hoffnung, daß wir hierüber im Jahre 1836 etwas Näheres erfahren werden. — Und warum grade dann? — Weil wir in diesem Jahre die Rückkehr eines Cometen zu erwarten haben, der ziemlich nahe am Uranus vorbeigehen, also seine Wirkung in bedeutendem Maaße erfahren wird, wenn er wieder zur Sonne zurückkehrt; wir werden dann also sehen, wie viel Einfluß der Uranus auf seine Bewegung gehabt hat.

Neun und vierzigster Brief.

am 21. Juni.

Es sind jetzt noch zwei Erscheinungen in dem Planetensystem übrig, die sich aus den anziehenden Kräften erklären lassen, und mit deren Ursachen ich Sie noch bekannt zu machen wünsche; ich werde dann zu den Cometen übergehen und

endlich einen Blick auf die Fixsterne werfen, um zu sehen, ob wir im Stande sind, ihre Entfernung von uns zu bestimmen. Die eine jener Erscheinungen ist das Fortrücken der Nachtgleichen-Puncte, die andre die Ebbe und Fluth.

Sie erinnern sich, daß der Weg, den die Sonne jährlich unter den Sternen zu durchlaufen scheint, eine schiefe Lage gegen den Aequator des Himmels hat, und diesen in zwei einander gegenüber stehenden Puncten schneidet. Wenn die Sonne sich in einem dieser Durchschnittspuncte befindet, so ist auf der ganzen Erde Tag und Nacht gleich lang, und diese Durchschnittspuncte heißen daher die Puncte der Nachtgleichen. Ich habe Ihnen auch schon gesagt, daß diese Nachtgleichen-Puncte nicht immerfort bei einerlei Sterne bleiben, sondern allmählig zu westlichern Sternen fortrücken, so daß der Punct, wo die Sonne zur Zeit der Frühlings-Nachtgleiche steht, jetzt in den Fischen liegt, obgleich er vor 2000 Jahren 30 Grade östlicher im Widder lag. Man nennt diese Verrückung das Zurückgehen des Nachtgleichen-Punctes, weil die Astronomen alle Bewegungen, die von Osten nach Westen gerichtet sind, als

rückwärts ansehen, indem sie den Bewegungen der Sonne, des Mondes und den Planeten entgegengesetzt sind.

Auch diese Erscheinung, welche davon herrührt, daß die Erde nicht immer ihre Axe genau gegen denselben Stern richtet, ist eine Folge der anziehenden Kraft und wird durch die Sonne hervorgebracht. Sie wissen, daß die Erde keine genaue Kugel, sondern an den Polen abgeplattet ist, und daß die Ebene der Erdbahn nicht mit der Ebene des Aequators zusammentrifft, sondern dieser eine gewisse Neigung gegen jene hat; Sie werden daher leicht begreifen, daß die anziehende Kraft der Sonne immer dahin wirkt, den Aequator der Erde zur Ebene der Erdbahn herabzuziehen oder seine Neigung gegen dieselbe zu vermindern. Ich muß mich hierüber deutlicher erklären, und will, um die Schlüsse klarer zu machen, einmal annehmen, die Erde sei ganz platt, wie ein Teller; die Anwendung auf die wahre Gestalt der Erde, die zwischen dem Teller und der Kugel liegt, obgleich sie sich der letztern Form mehr nähert, wird sich dann leicht ergeben.

Stellen Sie sich in Fig. 67 ABC als die perspectivisch gezeichnete Erdbahn vor, in deren Mittelpuncte ohngefähr die Sonne S steht, DE sei die tellerförmige Erde, deren eine Hälfte AD oberhalb der Ebene der Erdbahn liegt, die andre Hälfte unterhalb. Es wird Ihnen gewiß einleuchten, daß die anziehende Kraft der Sonne dahin wirken wird, diesen Teller platt auf die Ebene der Erdbahn zu legen, oder ihn so zu stellen, daß sein größter Durchmesser gegen die Sonne gerichtet sei, oder daß D in d falle, und daß der Umlauf der Erde um die Sonne hieran nichts hindern könnte, wenn die Erde sich nicht zugleich um ihre Axe drehte. Diese Axendrehung der Erde verhindert es, daß die Sonne jene Umänderung in der Lage der Erde nicht zur Wirklichkeit bringen kann. Nehmen Sie für einen Augenblick an, der Punct D sei es allein, den die Sonne herunter nach d zu ziehen bemüht ist, (denn eine Annäherung zur Sonne kann sie nicht bewirken, weil die Bewegung der Erde in ihrer Bahn daran hindert,) so hat dieser Punct wegen der Umdrehung um die auf den Erdenteller senkrechte Axe eine Geschwindigkeit, mit der er über die

Ebene der Erdbahn weg nach F zu fliegt; diese Geschwindigkeit hindert sein Fallen nach d zu, und die anziehende Kraft der Sonne kann nichts weiter bewirken, als daß sie ihn ein wenig von seiner ursprünglichen Bahn DF abzieht, so daß der Punct, wo er die Ebene der Erdbahn trifft, nicht in F, sondern der Sonne etwas näher liegt, oder daß seine ganze Bahn in Df fällt. Statt also, daß der Punct D, wenn die Sonne nicht auf ihn wirkte, immer in der Ebene des Erdentellers bleiben und seinen Umlauf um die auf diese platte Erde senkrechte Axe ruhig vollenden würde: so weicht er nun ein wenig von dieser Ebene ab, um dem Zuge der Sonne etwas nachzugeben, — oder vielmehr, da der Punct D an dem Erdenteller selbst befestiget ist, so zieht er diesen mit fort und die Lage dieses Tellers verrückt sich ein klein wenig, so daß die östliche Seite der Erde (denn D läuft, wie die rotirende Erde von Westen nach Osten,) der Sonne ein klein wenig näher kömmt, oder die Durchschnittslinie der platten Erde mit der Erdbahn etwas mehr gegen westlichere Sterne gerichtet wird. Sie übersehen leicht, daß eben

das Statt findet, wenn nicht der Punct D allein, sondern jeder Punct der Erde von der Sonne angezogen wird, und daß auch dann die Wirkung der Sonne sich darauf beschränken wird, die Lage der Erde fortdauernd ein wenig zu verrücken, welches dann zur Folge hat, daß die Axe der Erde sich allmählig andern Sternen zukehrt und in einem sehr langen Zeitraume einen Kreis am Himmel um den senkrecht über der Erdbahn liegenden Punct durchläuft. Die Erde ist nun freilich kein platter Teller, aber sie ist doch in der Richtung des Aequators mehr ausgedehnt, als nach der Richtung der Axe; immer also wird, wenigstens in geringerem Maaße, das Bestreben der Sonne, den Aequator mit der Ebene der Erdbahn zusammen zu bringen, fortdauern, und immer wird der Erfolg durch die Axendrehung der Erde vereitelt und in ein bloßes geringes Verrücken der Ebene des Aequators verwandelt. Die Axe der Erde behält bei dieser Veränderung immer eine gleiche Neigung gegen die Erdbahn, obgleich sie allmählig um die auf der Erdbahn senkrechte Linie herum rückt, und sich immer gegen andere Sterne, die von

der gegen die Erdbahn senkrechten Richtung gleich weit abstehen, wendet.

Sie werden mir wohl nicht den Einwurf machen, daß der Durchschnittspunct f des Aequators und der Erdbahn, wenn er immer weiter fortrückt, endlich in die Linie AS fallen und der Aequator die Richtung gegen die Sonne erlangt haben würde. Dieses würde allerdings geschehen, wenn die Erde immer in A bliebe; aber da sie im Laufe eines Jahres mit parallel bleibender Axe um die Sonne läuft, so giebt es doch immer nur zwei Tage oder Augenblicke im Jahre, wo die Sonne sich in der Ebene des Erd-Aequators befindet, und die Aenderung in der Lage der Erd-Axe hat keine weitere Folge, als daß die Zeit der Nachtgleiche, oder die Zeit, da die Sonne im Aequator steht, mit einer etwas andern Stellung der Erde in ihrer Bahn zusammentrifft. Wegen dieser Einwirkung der Sonne auf die abgeplattete Erde ändert sich die Neigung des Aequators gegen die Erdbahn nicht; die geringe Aenderung, die man in der Neigung desselben bemerkt, ist eine Wirkung des Einflusses der Planeten auf die

Bewegung der Erde, deren weitere Erklärung Sie mir erlassen werden.

Wenn Sie sich an das erinnern, was ich über den Punct D, wenn dieser allein sich bewegte, und gegen die Erdbahn herabgezogen würde, gesagt habe: so werden Sie leicht einsehen, daß auch der Mond, welcher die Hälfte seiner Bahn oberhalb, die Hälfte unterhalb der Ebene der Erdbahn durchläuft, einer ähnlichen Einwirkung der Sonne ausgesetzt ist. Auch seine Bahn sucht die Sonne zur Ebene der Erdbahn herabzuziehen, aber auch bei ihm wird der Erfolg durch die Schnelligkeit, mit der er über der Erdbahn hinfliegt, vereitelt und bloß darauf beschränkt, daß die Durchschnittspuncte seiner Bahn und der Erdbahn allmählig mehr nach Westen rücken, welches man das Zurückgehen der Mondsknoten nennt.

So hängen also auch diese Erscheinungen mit dem allgemeinen Gesetze zusammen, welches bei allen Bewegungen im Sonnensysteme zum Grunde liegt. Ich schrieb Ihnen einmal, man erkenne die richtige Hypothese daran, daß sie eine Menge von Erscheinungen ungezwungen und ohne daß es andrer künstlicher Voraus-

setzungen bedürfe, erklären, und ich glaube, ich darf Sie jetzt wohl bitten, einen Rückblick auf alles das zu werfen, womit ich Sie nun so lange unterhalten habe. Alle Erscheinungen, welche die Bewegungen der Himmelskörper uns darbieten, lassen sich aus dem einfachen Gesetze herleiten, daß jeder Körper eine in der Entfernung abnehmende anziehende Kraft besitzt. Dieses einzige Gesetz brauchen wir nur mit Genauigkeit und Sorgfalt auf alle Körper unsers Sonnensystems anzuwenden, um auch in diejenigen Erscheinungen, die das verworrenste Ansehn haben, Licht zu bringen, um ihre Ursache einzusehen und sogar mit Genauigkeit die Größe der Ungleichheiten zu berechnen, die uns anfangs als unordentlich und regellos vorkamen. So also rechtfertiget sich die Einfachheit der Naturgesetze selbst da, wo die bloße Beobachtung zuerst nur immer neue Verwickelungen zeigte; aber indem diese Entdeckung von Ordnung und Einfachheit uns in ein freudiges Erstaunen versetzt, können wir uns gewiß auch nicht enthalten, mit einer Art von Ehrfurcht den Menschen zu betrachten, der so tief in die Gesetze der Natur einzudringen, so den Plan

des Weltgebäudes zu übersehen, so die Veränderungen, die sich darin ereignen werden, fast bis auf einen Augenblick voraus zu bestimmen vermochte.

Funfzigster Brief.

am 30. Jun.

Ich habe Sie in einigen meiner vorigen Briefe vorzüglich auf den Einfluß aufmerksam gemacht, den die Erde in Verbindung mit der Sonne auf die Bewegung des Mondes hat; jetzt muß ich Ihnen noch etwas von dem Einflusse sagen, den der Mond auf die Bewegung der Erde hat, und damit werde ich die Erklärung der Fluth und Ebbe verbinden können. Es wird Ihnen bekannt sein, daß das Wasser im Meere nicht zu aller Zeit gleich hoch ist, sondern regelmäßig zu gewissen Stunden höher anschwellt und sich nach einiger Zeit wieder senkt. Dieser Wechsel ist schon an unsern norddeutschen Seeküsten sehr auffallend, obgleich der gewöhnliche Unterschied des täglichen höchsten und niedrig-

sten Wasserstandes doch nur 12 Fuß etwa beträgt, statt daß er an einigen andern Orten doppelt so viel, und in Liverpool in England sogar zuweilen 36 bis 40 Fuß ausmacht. Steht man am Ufer während das Wasser am niedrigsten, oder wenn es tiefste Ebbe ist, so sieht man an unsern Küsten sehr weit ausgedehnte flache Sände oder (wie man es an den Küsten nennt,) Watten, die ganz vom Wasser entblößt sind: man bemerkt nun, daß allmählig die niedrigsten Stellen derselben vom Wasser bedeckt werden, und daß das Wasser höher und immer höher steigt, so daß Gegenstände, die vor einigen Stunden mehrere Ellen über dem Wasser hervorragten, ganz davon bedeckt werden. Dieses Steigen des Wassers dauert etwa 6 Stunden fort, dann bemerkt man eine kurze Zeit durch keine Aenderung mehr in der Höhe, es fängt wieder an zu fallen, und nach andern 6 Stunden hat es ohngefähr dieselbe Tiefe wieder erreicht, wie 12 Stunden vorher, und das vorige Steigen und Fallen erneuert sich in eben der Ordnung wieder.

Diese Erscheinung hat mit dem Stande des Mondes einen sehr merklichen Zusammenhang;

denn das höchste Wasser oder die volle Fluth tritt an einerlei Orte alle Tage um gleich viele Stunden nach dem Durchgange des Mondes durch den Meridian ein; indeß scheint es beim ersten Anblicke sonderbar, daß die Fluth nicht nur dann, sondern auch 12 Stunden nachher noch einmal erfolgt, wenn der Mond unter dem Horizonte grade die entgegengesetzte Stellung hat. Eine andere Uebereinstimmung zwischen den Fluthen und der Stellung des Mondes ist die, daß die höchsten Fluthen zur Zeit des Neumondes und Vollmondes eintreten, die schwächsten Fluthen zur Zeit der Mondes-Viertel. Der Unterschied dieser höchsten und niedrigsten Fluthen ist so bedeutend, daß man in Brest zur Zeit des Neumondes oder Vollmondes das Wasser über 18 Fuß steigen sieht, zur Zeit der Viertel hingegen kaum 9 Fuß. Endlich bemerkt man auch, daß bei sonst gleichen Umständen die Fluthen höher steigen, wenn der Mond der Erde nahe ist, als wenn er sich in größerer Entfernung von ihr befindet.

Lassen Sie uns jetzt einmal die Untersuchung anstellen, welchen Einfluß wohl die anziehende Kraft der Sonne und des Mondes

auf das Wasser des Oceans haben kann. Wir wollen, um für jetzt die Irregularitäten auf der Oberfläche der Erde nicht zu berücksichtigen, uns vorstellen, die Erde sei ganz mit Wasser bedeckt, und dieses vertheile sich, so wie es die anziehenden Kräfte erfordern. Es wird am schicklichsten sein, daß wir zuerst die Wirkung der Sonne allein betrachten und erst nachher auch den Mond mit in die Untersuchung ziehen. ABC (Fig. 68) sei die Erdbahn, S die Sonne, ED sei die Erde, die ich hier etwas groß gezeichnet habe. Indem nun der Mittelpunct A der Erde auf seiner Bahn nach B zu fortgeht, mit einer Geschwindigkeit, welche der in A wirkenden anziehenden Kraft genau angemessen ist, wird der Punct D an der Oberfläche der Erde stärker als A von der Sonne angezogen, weil er der Sonne näher ist. Dieser Punct D, welcher überdas auf dem kleinern Kreise DF fortgeht, also sich langsamer als A bewegt, indem er einen ganzen Umlauf um die Sonne in eben der Zeit zurücklegt wie A in seinem größern Kreise, hat also nicht Schwungkraft oder Wurf-Geschwindigkeit genug, um sich für sich allein in der Entfernung von der Sonne

zu

zu erhalten, wo er sich jetzt befindet, sondern er würde, wenn nicht die Schwere ihn an der Erde festhielte, sich von dieser trennen, um sich der Sonne mehr zu nähern. Obgleich nun die anziehende Kraft der Erde den Punct D hindert, sich von der Erde los zu reißen, so erlaubt sie ihm doch, weil die ganze Oberfläche der Erde als mit Wasser bedeckt angenommen wird, sich etwas vom Mittelpuncte der Erde zu entfernen, das heißt, die anziehende Kraft der Sonne bringt in D ein geringes Anschwellen des Meeres hervor, dessen Größe dem Unterschiede der in A und D wirkenden anziehenden Kräfte angemessen ist. In E findet ein gleiches Anschwellen Statt. In E nämlich ist die Kraft der Sonne schwächer als in A, und gleichwohl soll E auf einem größern Kreise schneller als A um die Sonne laufen; hier also ist die Wurfkraft zu groß in Vergleichung mit der anziehenden Kraft der Sonne, und E hat ein Bestreben, sich mehr von der Sonne zu entfernen und sich von der Erde zu trennen. Auch diesen Punct hindert die Schwere hieran, aber sie kann gleichwohl nicht verhindern, daß auch in E das Meer etwas mehr anschwellt, als ohne diesen Einfluß

geschehen würde. Es entsteht also vermöge der ungleichen Einwirkung der Sonne auf die verschiedenen Theile der Erde sowohl da, wo die Sonne im Zenith erscheint, als auch in dem entgegengesetzten Puncte der Erde ein Anschwellen des Wassers oder eine Fluth, die offenbar in geringerm Maaße auch für die benachbarten Puncte in der Nähe von D und E Statt findet, und sich allmählig so verläuft, daß das Wasser bei H und I am niedrigsten steht. Kehrte nun die Erde immer einerlei Punct D gegen die Sonne, so würde dort die größere Höhe des Meeres beständig fortdauern; hingegen muß die Fluth auf der Erde fortrücken, wenn die Erde sich um ihre Axe dreht und bald den Punct D, bald den Punct I gegen die Sonne wendet. So würden wir also auch ohne Zuthun des Mondes jeden Mittag und jede Mitternacht einen höhern Stand des Meeres beobachten, als in den Zeitpuncten, welche zwischen diesen in der Mitte liegen.

Es läßt sich nun leicht vermuthen, daß auch der Mond eine ähnliche Wirkung hervorbringen wird. Steht der Mond, als Neumond, in K, so verstärkt er gar sehr die Wirkung, welche

die Sonne schon für sich allein hervorbrachte. Der Mittelpunct der Erde wird durch den vermehrten Zug gegen die Sonne zwar auch genöthiget, sich der Sonne ein wenig mehr zu nähern; aber da die Wirkung des Mondes auf D bedeutend stärker als auf den Mittelpunct A ist, so wird D bei dieser vereinigten Wirkung des Mondes und der Sonne ein weit größeres Bestreben haben, sich von der Erde zu trennen, als wenn die Sonne allein auf ihn wirkte; die Fluth wird also jetzt in D ansehnlich höher steigen, als wenn der Mond nicht da wäre. Aber auch in E muß zu gleicher Zeit eine verstärkte Fluth Statt finden. Denn E hat wegen des schwächern Zuges des Mondes und der Sonne und wegen der größern Geschwindigkeit, mit welcher dieser Punct sich bewegt, ein geringeres Bestreben, aus seiner ursprünglichen Bahn heraus gegen die Sonne zu auszuweichen, als der Mittelpunct der Erde; E bleibt also, so weit die Schwerkraft ihm dieses erlaubt, hinter der übrigen Erde zurück, und dieses bewirkt eine in E länglichte Gestalt der Erdkugel, das ist eine Fluth in dem Puncte,

welcher dem Monde und der Sonne grade gegenübersteht.

Ganz dasselbe muß sich ereignen, wenn der Mond uns der Sonne gegenüber erscheint, oder als Vollmond in L steht. Dann schwächt er für alle Puncte der Erde die nach der Sonne hin ziehende Kraft und nöthiget dadurch die Erde, eine kleine Ausbeugung abwärts von der Sonne zu machen. Diese Ausbeugung muß in E stärker als in A, in D aber schwächer sein, weil die Wirkung des Mondes in A bedeutend schwächer ist als in E, und stärker als in D; auch hier also findet eine verstärkte Fluth in D sowohl als in E Statt. Wir müssen nun noch untersuchen, wie der Mond wirkt, wenn er im Viertel ist, oder in M steht. Er zieht dann die Erde, welche nach B zu läuft, ein wenig zurück oder macht ihre Bewegung um etwas weniges langsamer. Diese Wirkung ist in H, wo der Mond im Zenith steht, am größten, und H kann also dem gleichsam voraus eilenden Erdkörper nicht völlig so schnell folgen, und dieses äußert sich durch eine Anschwellung des Wassers in H; dagegen ist die Wirkung des Mondes in I am schwächsten, die

Wassermasse also, welche sich in der Gegend von I befindet, verliert am wenigsten von ihrer ursprünglichen Geschwindigkeit, sie eilt folglich dem übrigen Erdkörper etwas voraus und bringt zu eben der Zeit, da es in H höchste Fluth ist, auch in I eine ohngefähr gleiche Fluth hervor. Daß etwas ganz ähnliches sich ereignen muß, wenn der Mond im letzten Viertel in N steht, wo er die Bewegung der Erde zu beschleunigen strebt, erhellet wohl von selbst.

Wir haben also eigentlich eine Fluth, die vom Monde abhängt, und eine Fluth, die von der Sonne abhängt, und die Erfahrung zeigt, daß die vom Monde bewirkte die stärkere ist. Die Wirkung des Mondes auf den Mittelpunct der Erde, oder richtiger, seine gesammte Einwirkung auf die ganze Erde, ist zwar bei weitem schwächer, als die Wirkung der Sonne; aber da die Fluth nicht von dieser gesammten Wirkung abhängt, sondern bloß von der Verschiedenheit derselben für einzelne Theile der Erde, so wird der Einfluß des Mondes auf die Fluth dadurch so sehr merklich, daß der Durchmesser der Erde $\frac{1}{30}$ unsers Abstandes vom Monde und kaum $\frac{1}{12000}$ unsrer Entfernung von der Sonne

ist, also die Wirkung des Mondes auf den nächsten und den entferntesten Theil der Erde weit verschiedener ausfällt, als die Wirkung der Sonne, welche für alle Puncte der Erde der Gleichheit viel näher kömmt.

Jene Betrachtungen setzen uns nun völlig in Stand, die Erscheinungen der Fluth und Ebbe zu erklären. Da beim Neumonde und Vollmonde die von der Sonne und vom Monde bewirkte Fluth zusammentrifft, so muß dann das Anschwellen des Wassers in den Puncten der Erde, welche Sonne und Mond grade über sich oder unter sich sehn, am stärksten oder die Fluth am höchsten sein; daraus aber folgt auch zugleich, daß in H und I, wo Mond und Sonne im Horizonte erscheinen, das Wasser mehr als zu jeder andern Zeit weggezogen ist, indem es sich in D und E sehr angehäuft hat, oder daß zur Zeit des Vollmondes die Ebbe in H und I niedriger als zu andrer Zeit sein muß. Da die Erde sich um ihre Axe dreht, so rücken allmählig, während Mond und Sonne noch nahe bei einander stehen, andre Puncte der Erd-Oberfläche nach D, und die Fluthwelle, wenn ich mich so ausdrücken darf, läuft

auf der Erde fort, und weil nach 6 Stunden der Punct, welcher sich anfangs in D befand, nach H gekommen ist, wo eine ungewöhnliche tiefe Ebbe Statt findet, so wechselt beim Neumonde und eben so beim Vollmonde eine vorzüglich hohe Fluth mit einer vorzüglich tiefen Ebbe ab.

Während die Erde sich einmal um ihre Axe dreht, ist der Mond auf seiner Bahn etwas gegen H hin fortgerückt, und die Fluth, welche der Mond bewirkt, liegt etwas östlich von der durch die Sonne bewirkten; diese beiden Fluthwellen vermischen sich mit einander, und der Punct, wo die höchste Fluth ist, liegt daher zwischen den Puncten, wo die Sonne und wo der Mond im Zenith erscheinen, aber dem letztern näher, weil die vom Monde bewirkte Fluth die stärkere ist. Die Fluth tritt also am zweiten Tage an dem Orte, wo wir annehmen, daß ein Beobachter der Fluth sich befindet, nicht ein, wenn die Sonne im Zenith ist, sondern etwas später, und erst gegen die Zeit, da der Mond ins Zenith kömmt. Von Tag zu Tage verspätet die Fluth sich mehr, und weil die beiden verschiedenen Fluthwellen immer weiter

aus einander rücken, je mehr der Mond sich uns von der Sonne zu entfernen scheint, so wird der Unterschied zwischen der höchsten Fluth und der tiefsten Ebbe immer kleiner und endlich am allerkleinsten, wenn der Mond im Viertel ist. Dann nämlich trifft die Mond-Fluth mit der Sonnen-Ebbe zusammen, und umgekehrt die Sonnen-Fluth dahin, wo der Mond Ebbe macht; die Höhe der durch den Mond verursachten Fluth wird also dadurch vermindert, daß die Sonne etwas Wasser dahin zieht, wo eigentlich in Rücksicht auf den Mond Ebbe sein sollte. Sie übersehen nun leicht, daß auch nachher die Zeit der höchsten Fluth sich immer mehr verspäten und immer nahe mit dem Durchgange des Mondes durch den Meridian zusammentreffen wird, und daß ferner die folgenden Fluthen immer höher steigen müssen, je näher wir dem Vollmonde kommen, bei dessen Eintritt die von der Sonne erregte Fluth wieder mit der vom Monde bewirkten in einerlei Punct zusammenfällt. Daß die Fluthen sich verstärken müssen, wenn der Mond näher bei der Erde ist, versteht sich von selbst, und ich will daher dieses, so wie die Beobachtung, daß die

Fluthen ein wenig stärker sind, wenn der Mond im Aequator steht, nur obenhin anführen.

Bisher betrachtete ich die ganze Erde als mit Wasser bedeckt, und nahm an, daß das Wasser des Meeres sich immer ganz dahin ziehe, oder fast in einem Augenblick dahin begebe, wo die anziehenden Kräfte es hinzubringen streben; dieses ist aber nicht völlig der Fall, und daher sind die Erscheinungen der Fluth nur in der Hauptsache mit dem übereinstimmend, was ich bisher gesagt habe, in Kleinigkeiten weichen sie davon ab. Stellen Sie sich vor, in D, wo zur Zeit des Neumondes grade jetzt volle Fluth sein sollte, wäre ein nur kleiner See von einigen Meilen Länge und Breite, und rund umher festes Land: so wird freilich der Mond dieses Wasser zu heben suchen, aber er kann es nur dann wirklich heben, wenn Wasser aus andern Gegenden zuströmen kann, um den Raum zu füllen, den das gehobene Wasser leer lassen würde. Hat nun der See einen so kleinen Umfang, daß die Wirkung des Mondes auf alle Puncte seiner Oberfläche so gut als gleich ist, so kann das Wasser sich nicht heben, ohne unten leere Räume zu lassen, welches seine

Schwere, die durch den Mond doch nur höchst unbedeutend vermindert wird, nicht zuläßt. Also nur in Meeren von sehr bedeutender Größe oder in solchen Seen und Strömen, die mit großen Meeren in Verbindung stehen, kann es eine Fluth und Ebbe geben, wie es auch die Erfahrung zeigt. Aber auch in diesen großen Meeren kann die Fluthwelle sich nicht so fortpflanzen, daß sie immer völlig den Mond begleiteten, oder daß ihr Gipfel sich immer genau da befände, wo er wegen der vereinigten Wirkung des Mondes und der Sonne sich befinden sollte; Untiefen, feste Länder, die das Meer begrenzen, und andre Hindernisse halten das Wasser auf und verzögern die Ankunft der Fluth. Dieses ist der Grund, warum an den meisten Küsten die volle Fluth nicht mit dem Augenblicke zusammenstimmt, da der Mond durch den Meridian geht, sondern täglich um eine gewisse Anzahl von Stunden später eintritt. Am merklichsten in kleinen Entfernungen ist dieser Unterschied der Fluth-Zeit in Strömen. In Hamburg z. B. und am Ausfluß der Elbe, welcher 14 Meilen von da entfernt ist, steht der Mond so ziemlich zu einerlei Zeit im Meridian, und

doch ist es in Hamburg 6 Stunden später höchstes Wasser als in der Mündung der Elbe, weil die Fluthwelle so viel Zeit gebraucht, sich in dem schmalen Strome fort zu bewegen. Diese Verspätung der Fluth ist auch die Ursache, warum bei uns die höchsten Fluthen oder Springfluthen, wie die Seeleute sagen, nicht genau mit dem Neumonde oder Vollmonde zusammentreffen, sondern etwa $1\frac{1}{2}$ Tage später sich ereignen.

Endlich muß ich Ihnen noch einige Worte über den Grund sagen, warum an einigen Orten die Fluth höher steigt, als an andern. In dem offenen Meere ist die Fluth weit unbedeutender, als an den Küsten; in der großen Südsee oder dem stillen Meere steigt sie, wie Laplace bemerkt, nur etwa 3 Fuß, in der Nordsee bei der isolirt liegenden Insel Helgoland soll sie etwa 6 Fuß betragen, obgleich sie an unsern Küsten, die etwa 10 Meilen von Helgoland entfernt sein mögen, 12 Fuß steigt. Dieser Unterschied rührt davon her, daß das Wasser sich an den Küsten aufstauet und, indem das nachfolgende noch immer andrängt, höher steigen muß, weil es weiter vorwärts

nicht wie im freien Meere einen Abfluß findet. Nach Verschiedenheit der Lage der Küsten kann dieser Aufstau sehr ungleich werden, und bloß in solchen örtlichen Umständen scheint der Grund dieser Ungleichheit zu liegen. Daß so etwas Statt finden muß, läßt sich an den gewöhnlichen Wellen sehen, mit denen die Fortpflanzung der Fluth sehr viele Aehnlichkeit hat. Auch diese sind bei gelindem Winde, wo ihr Fortgang am regelmäßigsten ist, auf dem offenen Raume des Meeres oder eines ansehnlichen Flusses flach und niedrig, aber werden höher in der Nähe des Ufers und erreichen besonders an steilen Gegenständen, die ihren Fortgang plötzlich unterbrechen, oft eine vielfach größere Höhe, als sie ursprünglich hatten. Die Fortpflanzung der Fluth ist auch in andrer Hinsicht dem Fortgange einer Welle ähnlich, indem sie nicht in einem schnellen Fortströmen des Wassers besteht, sondern nur in einem abwechselnden Heben und Senken, wobei die Wassertheilchen wenig oder gar nicht seitwärts fortgeführt werden. Auch die Wellen, obgleich sie auf dem Wasser fortzulaufen scheinen, reißen das Wasser nicht so schnell mit fort, als die Welle fortgeht,

sondern indem das jetzt am höchsten gestiegene Wassertheilchen sich senkt, steigt das nächste, und der Gipfel der Welle rückt von einem Wassertheilchen zum andern fort, während jedes Wassertheilchen nur eine unbedeutende seitwärts gehende Bewegung hat.

Ich schicke Ihnen heute einen ungebührlich langen Brief, aber ich wollte die Materie, mit der ich die Untersuchungen über unser Planetensystem beschließe, nicht gern abbrechen; im nächsten Briefe werde ich auf die Cometen kommen.

Ein und funfzigster Brief.

am 6. Jul.

Unter allen Erscheinungen am Himmel ist keine, welche so sehr die Neugier der Menschen beschäftigt, mehr dem Aberglauben Spielraum gegeben, und mehr Furcht und Schrecken unter den Völkern verbreitet hat, als die Cometen. Auffallend muß es auch in der That sein, zwischen dem Heere der uns bekannten, sich unter einan-

der so ähnlich sehenden Sterne gleichsam plötzlich einen Fremdling zu bemerken, dessen Ansehen von allen andern Sternen so verschieden, der mit einem feurigen Scheine umgeben, täglich größer, täglich furchtbarer sich unsern Augen darstellt. — Aber warum furchtbar? möchte man fragen; warum konnte man nicht den wundervollen Glanz dieser mit vorzüglicher Pracht ausgestatteten Gestirne bewundern, warum nicht sie als Vorboten glücklicher Ereignisse betrachten? — warum mußte grade das Furchtbare hervorgehoben und Krieg und Pest und tausenderlei Unglück als das Gefolge dieser Erscheinungen geweissagt werden? — Es ist in der That eine auffallende aber wahre Bemerkung, daß der Mensch im Allgemeinen weit leichter der Furcht Raum giebt als der Hoffnung, und daß er, selbst wenn die Hoffnung einmal das Uebergewicht gewinnt, sich doch einer Schüchternheit nicht erwehren kann, die seine Freude sehr herabstimmt:

Denn eifersüchtig sind des Schicksals Mächte,
Frühzeitig Jubeln greift in ihre Rechte!

Man möchte fast fragen, ob denn des Unglücks so viel mehr in der Welt sei, als des Glücks; — oder ob wir zu undankbar sind, um uns des Glücks zu erinnern und nur die Schmerzen und Unfälle in treuem Gedächtnisse lebhaft aufbewahren? — Oder machen die traurigen Ereignisse darum einen bleibendern Eindruck auf uns, weil sie oft, wie Donner und Sturm, plötzlich und furchtbar über uns hereinbrechen und unser ganzes Gemüth aufregen, statt daß die glücklichen Tage in ruhiger Heitre leise, — und grade dann am glücklichsten! — dahin fließen? — Ich gestehe, daß ich diese Fragen nicht ganz zu beantworten weiß. Die Empfindung der Schwäche, die sich so gänzlich den himmlischen Mächten unterworfen fühlt, mag wohl vieles zu dieser Furcht beitragen; denn wie selten und wie schwer zu erlangen ist die Festigkeit des Geistes, welche sich mit diesen himmlischen Mächten so befreundet weiß, daß sie mit vollem Vertrauen ihnen ihr Schicksal überlassen darf, fest überzeugt, daß das Ziel, wohin sie führen, herrlich sei, wenn auch der Weg, der dahin leitet, mit Ungewittern umgeben wäre; und doch

scheint dieses Vertrauen allein das zu sein, was jener Furcht ihren Stachel zu rauben vermag. — —

Gern machte ich Ihnen eine recht vollkommene Schilderung von dem Ansehen eines großen Cometen, von dem Eindrucke, den sein prächtiger oder fürchterlicher Schweif auf den vorurtheilsfreien Beobachter hervorbringt; aber die Cometen, die wir in unsern Tagen gesehen haben, waren alle so unbedeutend, daß ich aus eigner Beobachtung nichts Erhebliches hierüber sagen kann. Die Cometen haben fast alle das Eigne, daß sie nicht wie die Planeten als ein heller Punct oder durch Fernröhre als ein scharf begrenztes Scheibchen erscheinen, sondern daß sie mit einem mehr oder minder blassen Schimmer umgeben sind, der sie, wie ein Dunst, gleichsam einhüllt und sich auf Entfernungen erstreckt, die in Vergleichung mit dem eigentlichen Körper des Cometen sehr bedeutend sind. Dieser Schimmer dehnt sich gewöhnlich nach der einen Seite und zwar nach der von der Sonne abgekehrten Seite am meisten aus, und bildet

den

den Schweif, der den Cometen den Namen Schwanzstern verschafft hat. Die Größe des Schweifes ist auch bei den größern Cometen sehr ungleich; die vom Jahre 1456, 1460, 1618 und 1680 zeichneten sich vorzüglich durch lange Schweife aus, die sich der Länge nach über ein Drittel, ja fast über die Hälfte des Himmels erstreckten. An einigen wenigen großen Cometen hat man gar keine Schweife bemerkt; indeß bemerkte man zuweilen bei sehr heiterm Himmel einen Schweif, wenn man auch sonst, wenn der Himmel mittelmäßig hell war, keinen bemerkte. Ueber die Größe der Cometen selbst sagen die älteren Nachrichten wohl etwas Uebertriebenes, wenn sie von einigen Cometen behaupten, sie hätten die scheinbare Größe der Sonne oder des Mondes erreicht; indeß hat man doch auch in spätern Zeiten Cometen gesehen, welche an Größe die Venus übertrafen. Doch ich will das, was man an dem Körper der Cometen selbst und an ihren Schweifen beobachtet hat, für eine andre Zeit aufsparen, und jetzt nur von ihrer scheinbaren Bewegung und von der Bestimmung ihrer Bahn reden.

Alle uns bekannte Planeten gehen in einer-

lei Richtung um die Sonne, und die Bahnen aller machen keine sehr große Winkel mit der Ebene der Erdbahn, wenigstens nähert sich keine dieser Bahnen der gegen die Erdbahn senkrechten Lage, und wir sehen daher auch die Planeten immer so ziemlich in der Nähe der Ecliptik oder des Kreises, welchen die Sonne zu durchlaufen scheint. Ganz anders verhält es sich mit den Cometen, die man an jeder Stelle des Himmels erscheinen und nach allen möglichen Richtungen ihren Lauf nehmen sieht, und deren Bahnen also fast alle nur mögliche Lagen zu haben scheinen. Auch die Schnelligkeit, mit welcher die Cometen sich zu bewegen scheinen, ist weit verschiedener und weit mehr veränderlich, als bei den Planeten. Es soll Cometen gegeben haben, die 120 Grade in einem Tage durchliefen, also sich fast 10mal so schnell als der Mond bewegten, aber diese Schnelligkeit dauerte dann nur so lange, als sie der Erde sehr nahe waren, und nahm bald sehr ab, statt daß die Bewegung eines Planeten nie so große Aenderungen leidet. Auch bei den Cometen ist der Einfluß der Bewegung der Erde merklich, und die große scheinbare

Geschwindigkeit derjenigen Cometen, die der Erde sehr nahe kamen, rührte großen Theils von der Bewegung der Erde mit her.

Wenn man diese dem Anscheine nach großen Irregularitäten in der Bewegung der Cometen überlegt, und dann die kurze Zeit, welche uns nur vergönnt ist, den Cometen zu beobachten, in Erwägung zieht: so scheint es fast unmöglich, die wahre Bahn eines solchen Weltkörpers, der nur so kurze Zeit sichtbar ist, und sich dann wieder in dem weiten Himmelsraume verliert, zu bestimmen. Wirklich reichen auch die Methoden, die man zur Bestimmung der Planetenbahnen gebraucht hat, nicht hin, um die Bahn eines Cometen zu finden, da wir ihn nicht so wie die Planeten mehrere Umläufe vollenden sehen, sondern in der kurzen Zeit weniger Wochen oder Monate ihn nur einmal auf einem kurzen Theile seiner Bahn zu beobachten Gelegenheit haben. Hier aber kömmt uns die Theorie von den Gesetzen der Bewegung, die für alle von der Sonne angezogene und durch die Kraft der Sonne in ihren Bahnen erhaltene Körper gelten, sehr zu Hülfe. Wir dürfen nach allen Umständen vermuthen, daß auch die

Cometen zu den Körpern gehören, die um die Sonne laufen, und dann dürfen wir mit fester Ueberzeugung annehmen, daß auch sie sich den Gesetzen gemäß bewegen, welche von allen solchen Körpern müssen befolgt werden, daß nämlich die in gleichen Zeiten von ihnen durchlaufenen Flächenräume gleich groß sind und die Bahn eine Ellipse ist, in deren einem Brennpuncte die Sonne steht. Und diese allgemeine Kenntniß von der Bahn der Cometen und der Regel, nach welcher sie sich auf derselben bewegen, ist wirklich hinreichend, um, mit Hülfe dreier Beobachtungen eines Cometen, die wahre Bahn desselben so weit zu bestimmen, als es nöthig ist, um den Cometen bei seiner Wiederkehr wieder zu erkennen. Ich will versuchen, Ihnen von der Art dieser Bestimmung einen ohngefähren Begriff zu geben.

Zwei und funfzigster Brief.

am 16. Jul.

Es ist wirklich sehr gütig von Ihnen, meine liebe Freundin, daß Sie, wie Ihr Brief sagt, Ihre Wünsche, mehr über die Erscheinungen der Cometen und über die natürliche Beschaffenheit dieser wundervollen Weltkörper zu hören, unterdrücken, weil Sie befürchten, daß diese Gegenstände nicht in meinen Plan, den Sie nicht stören wollen, gehören. Ich habe oft darüber nachgedacht, ob ich meine Briefe nicht vielleicht dadurch unterhaltender machen könnte, daß ich Nachrichten von dem, was man an den Planeten beobachtet hat, was man von der Höhe ihrer Berge, von ihrer Atmosphäre, von Veränderungen, die sich auf ihrer Oberfläche zutragen, weiß, zwischen die geometrischen und mechanischen Lehrsätze, mit denen ich vielleicht Ihre Geduld ermüde, einschöbe und so dem Inhalte meiner Briefe mehr Mannigfaltigkeit gäbe. Aber, so vieles dies von der einen Seite für sich zu haben scheint, so befürchte ich doch, daß die mit einer solchen

Mischung der Materien verbundenen Unbequemlichkeiten überwiegend sein möchten. Wenn auch die Unterbrechungen der geometrischen und mechanischen Lehren, die sich so natürlich an einander reihen, keinen Nachtheil hervorbrächte, so würde es doch, wie mich dünkt, viele Kunst erfordern, um jene zur Abwechselung eingeschobenen Erzählungen so einzurichten, daß sie wirklich das, was man über die Planeten, den Mond u. s. w. weiß, vollständig und in einer gut zu übersehenden Ordnung dargestellt enthielten; das häufige Abspringen von einem Gegenstande zum andern würde vermuthlich Unannehmlichkeiten herbeiführen, denen ich bei einer etwas mehr planmäßigen Anordnung zu entgehen hoffe. Sie werden es mir daher verzeihen, daß ich auch jetzt von Ihrer Erlaubniß Gebrauch mache und hier nur von der Bewegung der Cometen rede; sicher aber können Sie darauf rechnen, daß ich Ihnen recht bald umständliche Nachrichten von dem mittheilen werde, was man sonst an den Cometen beobachtet hat. Es ist meine Absicht, diesen Gegenständen, oder der natürlichen Beschaffenheit der Weltkörper eine eigne, nicht kurze

Reihe von Briefen zu widmen, und zu dem, was wir von den Körpern unsers Sonnensystems wissen, auch das hinzuzufügen, was vorzüglich Herschel uns über die Fixsterne, die Nebelflecke, die Milchstraße und über die Ordnung und Größe des Weltgebäudes, oder des Theiles, den unsere Fernröhre davon übersehen, gelehrt hat. Für jetzt also kehre ich zu den Cometen zurück.

Daß wir die Bahn eines Cometen nicht mit der Vollständigkeit bestimmen können, wie es mit den Planetenbahnen der Fall ist, werden Sie leicht vermuthen. Die Cometenbahnen sind sehr lange Ellipsen, und derjenige Theil derselben, welchen der Comet durchläuft, während wir ihn beobachten können, ist nur sehr unbedeutend gegen die ganze Bahn. Aus diesem kleinen Stücke die ganze übrige Bahn zu bestimmen, hat nicht geringe Schwierigkeit, und wir müssen fürs erste zufrieden sein, nur dieses kleine Stück der Bahn recht genau kennen zu lernen. Wenn (Fig. 69) B derjenige Punct ist, wo der Comet der in A stehenden Sonne am nächsten kömmt, so lassen sich unzählige durch B gehende Ellipsen ziehen, die alle ihren

einen Brennpunct in A haben, aber sich mit ungleicher Länge nach C hin erstrecken. Diese Ellipsen sind zwar alle von einander verschieden, aber wenn man ihre Länge nur irgend bedeutend annimmt, z. B. den größten Abstand von der Sonne funfzigmal so groß als den kleinsten Abstand: so fallen die in der Nähe der Sonne liegenden Theile derselben oder die Bogen BD so nahe zusammen, daß man hier fast keinen Unterschied bemerken kann, man mag die größere oder die kleinere Ellipse nehmen, und dieser Unterschied wird desto weniger merklich, je größer man die längsten Durchmesser der verschiedenen Ellipsen annimmt. Die Cometenbahnen sind nun wirklich so überaus länglicht, daß der größte Abstand des Cometen von der Sonne gewiß oft mehrere hundertmal, ja vielleicht tausendmal so groß ist, als sein kleinster Abstand, und deßwegen ist es uns in den meisten Fällen unmöglich, aus dem kleinen Bogen BD die ganze Ellipse genau zu bestimmen. Wir müssen uns daher begnügen, nur die Lage der Bahn und den kleinsten Abstand des Cometen von der Sonne anzugeben, um wenigstens im Stande zu sein, den Cometen, dessen Rückkehr zur

Sonne wir nicht voraus berechnen können, wieder zu erkennen, wenn er sich einmal wieder sehen läßt. Unsre Berechnung einer Cometenbahn giebt uns daher nur folgende fünf Stücke an: die Neigung der Cometenbahn gegen die Ebene der Erdbahn, die beiden Puncte, wo der Comet von der einen Seite der Erdbahn nach der andern übergeht, oder wo seine Bahn die Ebene der Erdbahn schneidet; ferner die Größe seines kleinsten Abstandes von der Sonne und die Lage dieses Sonnennähe-Pnnctes oder die Richtung der von ihm nach der Sonne gezognen Linie, welche auch die Axe der Bahn heißt; endlich die Zeit, wann der Comet sich der Sonne am nächsten befand. Diese Bestimmungen belehren uns also zwar über die Lage der Cometenbahn vollständig, sie geben uns sogar den Punct des Himmels an, wo der Comet sich in seiner größten Entfernung von der Sonne befinden muß; aber über die Entfernung, welche er dann erreicht und folglich auch über die Zeit eines Umlaufes lassen sie uns ungewiß, und Sie werden aus dem Vorigen wohl schon übersehen, daß diese Ungewißheit schwerlich je ganz wird zu heben sein, wenn nicht etwa noch ein-

mal bessere Fernröhre uns in Stand setzen, den Cometen in viel größern Entfernungen von der Sonne zu beobachten, oder dem Bogen B D, den wir aus den Beobachtungen unmittelbar bestimmen können, eine solche Ausdehnung zu geben, daß er hinreiche, um die wahre Größe der ganzen Ellipse mit Sicherheit anzugeben. Jene Stücke, welche die Beobachtungen uns angeben, reichen indeß hin, um den Cometen, wenn er zur Sonne zurückkehrt, mit Gewißheit oder überwiegender Wahrscheinlichkeit als denselben wieder zu erkennen. Denn da die Ebenen der verschiedenen Cometenbahnen alle nur denkbare Lagen haben können: so wird es schon ein seltner Fall sein, daß die Bahnen zweier Cometen genau in einerlei Ebene liegen. Wäre aber auch dieses einmal der Fall, so ist es doch äußerst unwahrscheinlich, daß diese zwei Cometen grade auch sich der Sonne gleich stark näherten, und noch weit unwahrscheinlicher ist es, daß außer allen diesen Uebereinstimmungen auch endlich noch die Lage des Sonnennähe-Punctes dieselbe sei. Fände man also bei einem Cometen jene vier Elemente der Bahn völlig, oder auch nur sehr nahe so, wie es bei

einem in ältern Zeiten beobachteten Cometen der Fall war, so würde man mit allem Rechte annehmen dürfen, daß dieser Comet mit dem ehemals beobachteten einerlei Körper sei. Es wäre zwar denkbar, daß zwei Cometen beide durch den Punct B gingen und in B der Sonne am nächsten wären, und doch der eine die Bahn BDE, der andre die Bahn BDF durchlaufen könnte; aber es ist gar nicht zu vermuthen, daß dieser unwahrscheinliche Fall je eintreten und uns täuschen wird.

Ueber die Zeit, wann ein Comet wieder erscheinen wird, bleiben wir also durch eine einmalige Erscheinung desselben ganz unbelehrt. Die Astronomen haben zwar bei einigen sehr genau beobachteten Cometen zu berechnen versucht, welche Umlaufszeit für diese Statt finden möchte; diese Berechnungen haben auf eine Umlaufszeit von mehreren Jahrhunderten, ja von mehr als 1000 Jahren geführt, haben aber auch gezeigt, daß bei einer so langen Umlaufszeit die genauesten Beobachtungen noch nicht hinreichen, um dieselbe bis auf 50 oder 100 Jahre genau anzugeben. Nur einen Cometen kennen wir bis jetzt, dessen Rückkehr wir vor-

aus bestimmen können. Dieser Comet ist schon fünfmal so beobachtet worden, daß man jene Elemente seiner Bahn bestimmen konnte, und da ergab nicht bloß die nahe Gleichheit jener Elemente, sondern auch die nahe Gleichheit der Zeiten, die zwischen jeden zwei Erscheinungen verflossen waren, daß es derselbe Weltkörper sei, daß er in etwa 76 Jahren um die Sonne laufe, und daß wir ihn also mit Gewißheit im Jahre 1836 wieder erwarten dürfen. Unter allen andern Cometen, deren Bahnen man berechnet hat, finden sich noch keine zwei, die man für einerlei Körper annehmen könnte, obgleich man jetzt schon von 100 Cometen die Bahnen — so weit nämlich als eine einmalige Erscheinung es erlaubt, — kennt. Indeß ist es immer möglich, daß schon mehrere Cometen mehr als einmal erschienen sind: denn theils hat man von den ältern Cometen zu wenige Nachrichten, um ihre Bahnen anzugeben, theils ist es auch möglich, daß einmal ein Comet bei seiner Rückkehr zur Sonne bloß am Tage oder bei schlechtem Wetter zu sehen war, und so der Aufmerksamkeit der Astronomen entging.

Drei und funfzigster Brief.

am 20. Jul.

Da wir von den sehr langen elliptischen Bahnen der Cometen gewöhnlich nur ein sehr kleines Stück in der Gegend der Sonnennähe kennen lernen, und dieses Stück wenig geändert wird, wenn man auch die Länge der ganzen Bahn bedeutend ändert: so pflegt man gewöhnlich nur auf die genaue Zeichnung dieses Stückes zu denken, und sich dazu der möglichst leichtesten Methode zu bedienen. Stellt (Fig. 70) A die Sonne vor, und B den Punct, wo der Comet der Sonne am nächsten kam, so läßt sich das kleine Stück der Bahn, wo wir den Cometen beobachten können, auf folgende Art zeichnen. Man zieht durch B und A die grade Linie BC, die man nach C hin so weit als man es nöthig findet, verlängert, und theilt AB in vier gleiche Theile. Eben solche Theile trägt man von A nach C hin auf, und bemerkt sich nun den ersten Theilungspunct a, den vierten A, den neunten b, den sechzehnten c, den fünf und zwanzigsten d und so

weiter. Durch diese bemerkten Theilungspuncte zieht man Linien auf AC senkrecht, und nimmt die erste ae so groß als AB, die zweite Af doppelt so groß, die dritte bg dreimal so groß, die vierte ch viermal so groß u. s. w.: so bezeichnen die Puncte efghi die Bahn des Cometen, die man an der andern Seite von BC eben so zeichnet. Die so gezeichnete Linie, welche eine Parabel heißt, unterscheidet sich zwar wesentlich von der Ellipse, indem sie sich immer weiter ausdehnt, je weiter man über C hinaus geht, statt daß die Ellipse sich doch endlich wieder der Axe nähert und sie schneidet; aber der Bogen der Parabel, welcher in der Nähe des Brennpunctes sich von B nach h oder l erstreckt, kömmt sehr nahe mit allen sehr langen Ellipsen überein, die durch B gehen und ihren Brennpunct in A haben, und deßwegen ist es erlaubt, die Bahn eines Cometen als parabolisch anzusehn, weil es doch gewöhnlich unsern Beobachtungen an der Vollständigkeit fehlt, welche erfordert würde, um den Unterschied zwischen der wahren elliptischen Bahn und der Parabel zu bemerken. Wir nehmen also fürs erste an, der Comet bewege sich

wirklich in einer parabolischen Bahn; aber um die Lage und Gestalt dieser Bahn für jeden Cometen zu bestimmen, sind noch einige Vorbereitungen nöthig, zu denen ich jetzt übergehe.

Lassen Sie uns, ohne für jetzt noch an einen bestimmten Cometen zu denken, einige solche parabolische Bahnen zeichnen und zu bestimmen versuchen, wie ein Comet, der sich auf einer dieser Bahnen bewegt, in bestimmten Zeiten fortrücken muß. Es sei (Fig. 71) A die Sonne und BCD die Erdbahn, so ergeben sich für verschiedene Cometen, deren einer der Sonne eben so nahe kömmt, als die Erde, der zweite doppelt so nahe, der dritte viermal so nahe, der vierte zehnmal so nahe, die verschiedenen Bahnen, welche Sie in der Figur sehen. Bewegte sich auf der Bahn dae wirklich ein Comet, so wissen wir, daß die Kraft der Sonne, wenn er in a der Sonne doppelt so nahe als die Erde ist, ihn viermal so stark gegen die Sonne zieht, als dieses bei der Erde der Fall ist; diese anziehende Kraft der Sonne würde die Erde im freien Falle 35 Fuß in der ersten Minute zu sich hin ziehn, also beträgt diese Annäherung für den Cometen 140 Fuß in

der ersten Minute oder 504000 Fuß in der ersten Stunde. Stellen Sie sich nun vor, die Bahn e a d sei nach einem so großen Maaßstabe gezeichnet, daß man genau angeben könnte, wo die grade Linie a f, welche die Richtung der Bewegung der Cometen in a bezeichnet, um 504000 Fuß von der krummen Linie abweicht, so würde man daraus den Punct angeben können, bis wohin der Comet von a aus in einer Stunde gelangt; denn wenn bei g die Abweichung der Bahn gegen die Sonne zu 504000 Fuß beträgt, so muß der Comet grade in einer Stunde den Raum a h durchlaufen, weil er sonst nicht auf dieser bestimmten Bahn bleiben könnte, wie Ihnen das aus unsern vorigen Untersuchungen über den Mond und die Planeten noch bekannt sein wird. Kennen wir aber einmal die Fläche a h A, die der Comet in einer Stunde durchläuft, so können wir seine ganze Bewegung bestimmen, weil die Fläche, welche von der Linie, die man von der Sonne nach dem Cometen zieht, durchlaufen wird, in jeder Stunde gleich groß ist. Da unsre Figur zu klein ist, um den Raum darzustellen, den der Comet in einer Stunde durchläuft, so müssen

wir

wir unsre Eintheilung der Bahn auf größere Zeiträume beschränken; aber es wird Ihnen hieraus doch einleuchten, daß es möglich ist, mit Gewißheit zu bestimmen, wie schnell ein Comet, der diese Bahn durchliefe, sich bewegen würde, und daß es also nicht bloß etwas willkührlich Angenommenes ist, wenn ich behaupte, der Comet würde wirklich in 4 Tagen von a bis h, in 8 Tagen von a bis i, in 16 Tagen bis k, in 20 Tagen bis l kommen. Die Rechnung, die uns überhaupt zu genauern Resultaten führt als die Zeichnung, giebt diese Puncte, wohin der Comet auf jeder angenommenen Bahn in einer gewissen Anzahl von Tagen gelangt, noch genauer an, und Sie übersehen nun leicht, daß es möglich ist, für eine jede willkührlich angenommene Cometenbahn die Bogen zu bezeichnen, die der Comet darauf von 10 zu 10 Tagen oder in jeder andern Zeit durchlaufen wird. Die Bahnen in der Zeichnung (Fig. 71) sind wirklich so für jede 20 Tage eingetheilt, und wenn Sie sich vorstellen, daß man mehrere solche Bahnen im Großen gezeichnet und so eingetheilt hätte, so würde man hinlänglich ausgerüstet sein, um zu

sehen, welche Bahn für einen wirklich beobachteten Cometen passe.

Um die Untersuchung zu erleichtern, will ich annehmen, ein wirklich beobachteter Comet bewege sich grade längs der Ecliptik oder befinde sich immer in der Ebene der Erdbahn. Dieser Fall ist zwar sehr selten, aber er ist der einfachste, und Sie werden sehr leicht übersehen, daß das, was für diesen Fall gilt, auch auf andre Fälle anwendbar sei, obgleich sich dann etwas mehr Schwierigkeiten mit einmischen, die wir hier besser bei Seite setzen. Lassen Sie uns also diese Voraussetzung beibehalten und nun annehmen, man habe auf der Erde, als sie sich in A (Fig. 72) befand, einen Cometen nach der Richtung A B beobachtet, und diese Richtung in eine Zeichnung gehörig eingetragen; nach 20 Tagen, da die Erde in C angekommen ist, beobachtet man ihn wieder und sieht ihn nach der Richtung CD; endlich beobachtet man zum dritten Mal wieder nach 20 Tagen den Cometen nach der Richtung E F, indem die Erde in E ist. Hier hat man also drei Richtungslinien, in denen der Comet sich zu drei verschiedenen Zeiten befunden hat, und welche

Bahn er auch mag durchlaufen haben, so muß diese doch so beschaffen sein, daß er nach solchen Zwischenzeiten diese Linien durchschneiden konnte. Stellen Sie sich nun vor, jede der in Fig. 71 gezeichneten Bahnen sei besonders ausgeschnitten, und werde auf unsrer Zeichnung (Fig. 72) so aufgepaßt, daß der dortige Mittelpunct A der Erdbahn hier mit G, als dem Mittelpuncte der Erdbahn, zusammenfalle. Versuchte man nun die in der 71sten Figur mit B E bezeichnete Bahn so zu legen, daß der Brennpunct in G bliebe, und zwischen die Linien AB, CD ein Bogen fiele, den der Comet in 20 Tagen durchläuft, so würde die Bahn eine solche Lage wie HIK erhalten, und am Ende der zweiten 20 Tage wäre der Comet in P gewesen, welches mit der dritten Beobachtung gar nicht harmonirt. Eben so würde der Versuch bei jeder andern Bahn allenfalls auf zwei Beobachtungen passend zu machen sein, aber nicht zugleich auf die dritte, und nur die einzige Bahn LMNO entspricht allen Beobachtungen und zugleich den Gesetzen, welche der Comet bei seiner Bewegung befolgen muß. Sie übersehen leicht, daß man bei diesem Probiren sehr große und sehr genaue

Zeichnungen zum Grunde legen müßte; aber es wird Ihnen dann auch überzeugend sein, daß man unter den verschiedenen im Voraus gezeichneten Bahnen die richtige auszufinden im Stande ist, und daß es also, weil die Bewegung in allen jenen Bahnen gewiß so erfolgen muß, wie es die richtige Zeichnung angiebt, möglich ist, die Bahn des Cometen aus drei Beobachtungen zu bestimmen. Hat man nun noch mehrere Beobachtungen, so geben diese der Bestimmung noch mehr Sicherheit und Genauigkeit.

Wie man verfahren müßte, wenn der Comet sich nicht in der Ebene der Erdbahn befände, dabei will ich nicht verweilen; man würde dann von den Puncten aus, wo die Erde sich zur Zeit der Beobachtung befand, Fäden genau nach den Richtungen ziehen, wo man den Cometen sah, und nun die Bahnen so an diese Fäden zu passen suchen, daß die Sonne im Brennpuncte bliebe, und die wahren Zwischenzeiten zwischen den Beobachtungen mit den Zeiten übereinstimmten, welche der Comet gebrauchen mußte, um die zwischen den Fäden liegenden Theile seiner Bahn zu durchlaufen. Auch

dann würde sich gewöhnlich nur eine einzige Bahn finden, die diesen Forderungen genau entspräche, und wenn man etwa einmal zwischen zwei Bahnen zweifelhaft bliebe, so würden doch fortgesetzte Beobachtungen immer die Zweifel entfernen. Ich brauche übrigens wohl nicht zu erwähnen, daß die Astronomen sich mit einer solchen Methode, die immer nur oberflächliche Resultate geben kann, nicht begnügen, indem die Berechnung in Zahlen ihnen Mittel zu weit genauern Bestimmungen giebt; aber diese Methode zeigt doch, daß es möglich ist, aus drei Beobachtungen die parabolische Bahn eines Cometen zu bestimmen. Hat man diese parabolische Bahn möglichst genau gefunden, so pflegt man wohl, wenn die Beobachtungen sehr genau sind, noch zu versuchen, ob man nicht die Abweichung des Cometen von der Parabel und daraus die wahre Gestalt seiner elliptischen Bahn, die Zeit eines ganzen Umlaufs u. s. w. bestimmen könne. — Doch hierüber will ich Sie nicht unterhalten, sondern Sie nur noch zum Schlusse auf die Irregularitäten in der scheinbaren Bewegung des Cometen aufmerksam machen, die bloß aus der eigenen

Bewegung der Erde entspringen. Bei unserm Cometen, dessen Bahn wir zu bestimmen versuchten, war diese Irregularität durch eine sehr schnell zunehmende scheinbare Geschwindigkeit merklich. Ziehen wir nämlich durch C und E, wo die Erde sich bei der zweiten und dritten Beobachtung befand, Linien CR, EQ mit der Richtung AB, nach welcher man bei der ersten Beobachtung den Cometen sah, parallel: so scheint der Comet uns in den ersten 20 Tagen nur so viel fortgerückt zu sein, als die Abweichung der Linie CD von CR beträgt, das ist etwa 36 Grade, in dem zweiten Zeitraume von 20 Tagen dagegen hat er sich von der Richtung EQ schon um 120 Grade entfernt, und diese ungleiche scheinbare Geschwindigkeit rührt fast allein von der Bewegung der Erde her, indem der Comet sich auf seiner Bahn in der letzten Zeit nur wenig schneller bewegt, als in den ersten 20 Tagen.

Diese scheinbaren Irregularitäten hätten bei eben diesem Cometen noch weit größer sein können, wenn die Erde eine andre Stellung gehabt hätte. Die 73ste Figur ist ganz einerlei mit der vorigen, und unterscheidet sich von ihr

nur dadurch, daß ich annehme, die Erde habe sich in C befunden, als der Comet in O war, in E, als der Comet in N, und in S, als der Comet in M stand. Ziehen wir dann wieder E Q und S T mit C O parallel, so sind E Q und S T nach eben dem Sterne gerichtet, bei welchem der Comet von C aus gesehen ward, und er scheint nun in den ersten 20 Tagen um einen Winkel von 25 Graden rechts, das ist rückwärts nach astronomischem Sprachgebrauch gegangen zu sein, in den folgenden 20 Tagen ist er noch um 140 Grade rückwärts gegangen, und seine ungleiche Bewegung wird noch auffallender, wenn man die zusammengehörigen Stellungen der Erde und des Cometen genauer aufsucht. In 5 Tagen kömmt die Erde von E nach a, und der Comet ist dann in b, und scheint in 5 Tagen 80 Grad rückgängig durchlaufen zu haben; in 10 Tagen ist die Erde nach c und der Comet nach d gekommen, und seine rückgängige Bewegung nimmt nun immer mehr ab. Hätte sich die Erde in U befunden, als der Comet in O war, so wäre sie in V angekommen, als der Comet in N stand, und der Comet schien in

20 Tagen kaum 5 Grade rechtläufig fortzugehen. In den nächsten 5 Tagen kam die Erde nach E und der Comet nach b, und dieser schien in 5 Tagen über 80 Grade, und in 7 Tagen 130 Grade zu durchlaufen, dann aber nahm seine scheinbare Bewegung sehr schnell ab. Und so ließen sich viele Fälle denken, für welche die scheinbare Bewegung immer anders würde ausgefallen sein, obgleich die wahre Bewegung dieselbe blieb, und diese anscheinenden Irregularitäten werden noch größer, wenn der Comet noch näher an der Erde vorbeigeht. Dieses mag von theoretischen Untersuchungen über die Bewegung der Cometen genug sein; ich will Ihnen nun nur noch etwas von den Störungen sagen, welche die Planeten in dem Laufe der Cometen bewirken.

Vier und funfzigster Brief.

am 2. Aug.

Ich habe Ihnen vor einiger Zeit einmal gesagt, die Anordnung des Planetensystems bleibe im Laufe der Jahrtausende bis auf Kleinigkeiten immer dieselbe, die Planetenbahnen änderten wohl um etwas Weniges ihre Gestalt, aber diese Aenderungen könnten nie sehr bedeutend werden, und wir dürften daher nie befürchten, daß die Erde oder irgend ein Planet sich sehr weit von der kreisförmigen Bewegung entfernen werde. Diese dauerhafte Anordnung oder diese Beständigkeit der Bahnen scheint bei den Cometen nicht so sehr Statt zu finden. Es läßt sich auch leicht einsehen, daß die Cometen, welche manchmal sehr nahe an den Planeten vorbeigehen, dem Einflusse der Planeten auf ihre Bewegung weit mehr unterworfen sind, als die Planeten, die immer weit von einander entfernt bleiben. Bei den Planeten trägt auch das sehr zu Verminderung ihrer Einwirkung auf einander bei, daß die entferntern, welche weniger von der Sonne angezogen werden, auch von einander sehr ent-

fernt sind, und daher nur wenig auf einander wirken können, und überdas wird der Planet bald in diesem bald in jenem Theile seiner Bahn dem bedeutendern Einflusse seiner Nachbaren ausgesetzt, und diese öfter wiederkehrenden Einflüsse heben einander wenigstens zum Theil auf. Ganz anders ist es mit den Cometen, die oft in erheblicher Entfernung von der Sonne dicht an einem mächtig wirkenden Planeten vorbei müssen, und von ihm vielleicht für eine Zeitlang eben so stark als von der Sonne angezogen werden; diese müssen offenbar in einem solchen Falle ganz erheblich von ihrer ursprünglichen Bahn abweichen, und können daher bei dem einen Umlaufe um die Sonne eine viel andre Bahn durchlaufen als bei dem andern. Unsre Kenntniß von dem Erfolge dieser Einwirkungen bei einzelnen Cometen ist noch sehr unvollständig, weil wir die Cometen mit unsern Fernröhren nicht bis in weite Fernen verfolgen können, und höchst selten so glücklich sind, einen schon ehemals beobachteten Cometen zur Sonne zurückkehrend zu sehen; was wir hierüber wissen, sind also nur einzelne Fälle, die indeß merkwürdig genug sind. Sie erinnern sich, daß es einen

Cometen giebt, der nun schon fünfmal bei seiner Rückkehr zur Sonne beobachtet ist, und Sie werden wahrscheinlich vermuthen, daß seine Umlaufszeit um die Sonne jedesmal ziemlich gleich gewesen sei; aber dieses ist lange nicht so der Fall, wie bei den Planeten, sondern er gebrauchte, um zu seiner Sonnennähe zurück zu kehren, das eine Mal $75\frac{1}{4}$ Jahr, das zweite Mal $76\frac{1}{4}$ Jahr, das dritte Mal kaum 75 Jahr, das vierte Mal $76\frac{1}{2}$ Jahr, und seine wahre Umlaufszeit ist also um weit mehr als ein Jahr ungewiß. Daß diese Ungleichheiten von der anziehenden Kraft andrer Körper herrühren, ließ sich im Allgemeinen schon vermuthen, und einige französische Mathematiker, vorzüglich Clairaut und Lalande, suchten diese Einwirkung kurz vor der letzten Erscheinung des Cometen genauer zu berechnen, um die Zeit seiner Wiederkehr voraus zu bestimmen. Sie fanden auch, besonders in der anziehenden Kraft des Jupiter, welchem der Comet bei dem vorigen Umlaufe ziemlich nahe gekommen war, den Grund, warum er länger als das vorige Mal ausbleiben würde, und bestimmten die Zeit seiner Rückkehr zur Sonne auf die Mitte des April 1759; indeß hatten sie,

aller angewandten Mühe ungeachtet, doch nicht genau genug gerechnet, denn der Comet erreichte schon am 12. März die Sonnennähe, und Clairaut sah ein, daß dieses daher rühre, weil er, um die ohnehin schon ungeheure Rechnung nicht noch zu verlängern, auf einige Kleinigkeiten nicht Rücksicht genommen hatte. Bei der nächsten Rückkehr dieses Cometen wird, wie Laplace bemerkt, der Uranus dem Cometen sehr nahe kommen, und auf die Zeit seiner Erscheinung einen merklichen Einfluß haben; indeß dürfen wir hoffen, daß die seit 50 Jahren sehr viel vervollkommneten Rechnungs-Regeln uns in Stand setzen werden, die Zeit seiner Erscheinung genauer voraus zu bestimmen; — ohngefähr wird sie ins Jahr 1835 fallen.

Eine noch weit auffallendere Wirkung scheint der Jupiter auf die Bewegung des Cometen, den man vom Juni bis October 1770 beobachtete, gehabt zu haben. Dieser Comet war lange ein Räthsel und eine Plage der Astronomen. Man hatte auch für ihn versucht, eine parabolische Bahn zu berechnen, die mit der beobachteten Bahn näher überein käme; aber keine solche Bahn wollte passen, und wenn sie auch mit den

Beobachtungen im Juni überein zu stimmen schien, so entfernten sich doch die Beobachtungen im August und October auffallend von derselben. Es schien also, daß der Comet keine so sehr lange Ellipse, die der Parabel nahe kömmt, durchlaufe, und man fand endlich, daß die Beobachtungen ganz bestimmt eine viel kürzere Ellipse und eine Umlaufszeit von $5\frac{1}{2}$ Jahren angaben. Dieses Resultat schien keinem Zweifel unterworfen, aber nun entstand die Frage, warum man nie vorher diesen Weltkörper gesehen habe, und die Sache ward noch räthselhafter, als der Comet auch in der Folge nicht wieder erschien. Man bemerkte zwar schon damals, daß kurz vor und auch bald nach jener Erscheinung der Comet dem Jupiter ganz ungewöhnlich nahe gekommen sei, aber man konnte doch die Sache lange nicht völlig ergründen; endlich hat Laplace folgende sehr genügende Aufschlüsse hierüber gegeben. — Aus den Beobachtungen von 1770 ergiebt sich, daß dieser Comet im Anfange des Jahrs 1767 äußerst nahe am Jupiter vorbei ging; und wenn man die Wirkung des Jupiter genau berechnet, und aus der Bewegung des Cometen nach jener Einwirkung auf dieje-

nige Bewegung zurückschließt, die er vorher hatte, so findet man, daß er sich vorher wahrscheinlich in einer sehr viel größern Ellipse bewegte, in welcher er sich der Sonne nur bis wenig innerhalb der Jupitersbahn näherte, und sich dann bis jenseits der Uranusbahn von ihr entfernte. Um diese Ellipse zu durchlaufen, brauchte der Comet nahe an 50 Jahre, er näherte sich der Sonne nie so sehr, daß er uns sichtbar werden konnte, und wir verdankten also seine Sichtbarkeit bloß dem Umstande, daß Jupiter ihn aus jener Bahn so bedeutend herausgerückt oder seine Bewegung so geändert hatte, daß er eine viel kleinere Bahn durchlaufen mußte. In dieser neuen Bahn von $5\frac{1}{2}$ Jahren würde der Comet nun, als er einmal der Einwirkung des Jupiter entgangen war, fortdauernd geblieben sein, wenn er nicht bald abermals eine ähnliche Wirkung erfahren hätte. Nach der Größe dieser Ellipse mußte der Comet im März 1775 wieder in der Sonnennähe sein, aber damals blieb er uns unsichtbar, weil er grade in der für die Sichtbarkeit vortheilhaftesten Zeit sich fast genau hinter der Sonne befand, und uns also in ihren

Strahlen verdeckt blieb; und als er nun sich von der Sonne entfernt hatte und zu ihr zurückkehren wollte, begegnete er im Juni 1779 abermals dem Jupiter, und kam ihm so nahe, daß dieser seine Bahn wieder veränderte und ihn nöthigte eine elliptische Bahn anzunehmen, in welcher er der Sonne nie so nahe als die Ceres kömmt, und sich nie erheblich weiter als Saturn von der Sonne entfernt. Diese Bahn durchläuft der Comet in nicht völlig 20 Jahren, aber er bleibt nun, selbst wenn er der Sonne am nächsten ist, so weit von uns entfernt, daß wir ihn nie wieder sehen werden, wenn nicht besondre Ereignisse einmal wieder seine Bahn anders bestimmen. Dieser sonderbare Comet, der sich beinahe in der Ebene der Erdbahn bewegte, und daher an den Bahnen mehrerer Planeten sehr nahe hinlief, kam auch der Erde ungewöhnlich nahe, indeß konnte diese, ihrer Kleinheit wegen, nur einen unbedeutenden Einfluß auf seine Bewegung hervorbringen.

Um Ihnen diese sehr auffallenden Resultate der Laplaceschen Rechnung glaublicher zu machen, habe ich (Fig. 74) die Stellungen des Cometen und des Jupiter für jene beiden

merkwürdigen Zeitpuncte aufgezeichnet; diese Stellungen habe ich selbst so genau, als es die Darstellung in einer kleinen Zeichnung erforderte, berechnet, und Sie werden die ganze Sache hier leichter übersehen. A ist die Sonne, B C D die Erdbahn, F G H ein Theil der Bahn des Jupiter; die Stellungen des Jupiter in seiner Bahn habe ich in der Figur für die Zeit seiner Einwirkung auf den Cometen bezeichnet. Vor dem Jahre 1767 lief der Comet in einer Bahn, wovon K I ein Stück ist; aber als er dem Jupiter sehr nahe war, zog dieser, weil er sich zwischen der Sonne und dem Cometen befand, ihn mehr gegen die Sonne und nöthigte ihn, seine Richtung schneller zu ändern, als es die ursprüngliche Bahn mit sich brachte, und so erhielt er eine Richtung und Geschwindigkeit, welche der Bahn I L E angemessen war, und diese befolgte er daher, als der Jupiter sich von ihm entfernt hatte und die Sonne wieder allein auf ihn wirkte. Auf dieser Bahn näherte er sich 1770 der Sonne bis E, machte nach aller Wahrscheinlichkeit noch einen Umlauf um die Sonne auf eben dieser Bahn, und mußte im März 1776

wie-

wieder in E seyn; weil aber um diese Zeit die Erde sich in M befand, indem M C gegen den Widder zu gerichtet ist, so konnte er nicht beobachtet werden, zumal da er nach B zu lief, während die Erde nach D fortging, und er uns also immer hinter der Sonne blieb. Er setzte nun seinen Lauf auf dieser Bahn fort, und war 1779 in N, wo er abermals dem Jupiter ganz nahe kam, und nun, weil Jupiter weiter als der Comet von der Sonne entfernt war, durch diesen von der Sonne abgezogen und auf die Bahn N O P gebracht ward, die er nun auch verfolgen mußte, nachdem Jupiter ihm vorausgegangen war und auf ihn merklich zu wirken aufgehört hatte. In dieser Bahn wird also nun alle 20 Jahr der Comet etwa so, wie die Linie Q N andeutet, nach N zurückkehren, und es ist immer möglich, daß er hier einmal wieder den Jupiter antrifft und von ihm in eine andre Bahn gelenkt wird.

Mathematisch also betrachtet, scheint diese Aufklärung völlig genügend; aber können wir auch in teleologischer Hinsicht mit dieser Unordnung zufrieden sein, dürfen wir glauben, daß die gewiß überall Statt findende Zweckmäßig-

keit solche Unregelmäßigkeiten erlaube? — Es scheint allerdings auffallend, daß hier ein Weltkörper gleichsam das Spiel fremder Kräfte ist, die ihm mit muthwilliger Willkühr, möchte man sagen, bald diese, bald jene Laufbahn anweisen; und wenn wir die Weisheit bewunderten, welche die Ordnung des Planetensystemes dauernd und fast unveränderlich zu erhalten wußte, so scheint es, als dürften wir diese mächtigen Störungen tadeln, die wir hier einen Weltkörper leiden sehen. In der That, wenn es die Erde wäre, die in so ungleichen Bahnen um die Sonne zu laufen gezwungen würde, wenn diese plötzlich aus ihrem Kreise herausgerissen und der Sonne zehnmal näher gerückt würde, als sie ihr sonst je kam, (wie dieses 1767 mit dem Cometen der Fall war,) so würde sie selbst und ihre Bewohner die nachtheiligsten Folgen von dieser Aenderung erfahren. Wenn wir auch nur das Eine in Erwägung ziehen, daß bei der zehnfachen Annäherung zur Sonne die Helligkeit oder der Glanz der Sonne hundertmal so groß sein würde als jetzt, und daß unsre Augen gar nicht im Stande wären, diesen Glanz zu ertragen: so leuchtet schon ein, daß für die

Erde eine solche Aenderung der Bahn gar nicht Statt finden dürfte. Aber was für die Erde, und was vielleicht für alle Planeten unerträglich wäre, das mag wohl für die Cometen weit weniger unzweckmäßig sein, wenigstens wäre es kühn, hierüber voreilig absprechen zu wollen. Die ganze Beschaffenheit der Cometen muß gewiß sehr von dem abweichen, was wir auf der Erde kennen; die bald größere bald geringere Entfernung von der Sonne ist für die Cometen etwas ganz Gewöhnliches, und alle Einrichtungen müßten also, auch wenn der Comet seine regelmäßige Bahn befolgt, darauf berechnet sein, daß sie hierdurch keine Störung leiden. Wenn also der Comet bewohnt wäre, so müßten seine Bewohner schon ohnehin daran gewöhnt sein, das Licht der Sonne und ihre übrigen Einflüsse bald in stärkerm, bald in geringerm Grade zu genießen oder zu ertragen, und so möchte vielleicht für sie und für den Cometenkörper selbst die Veränderung der Laufbahn des Cometen nichts Unangenehmes haben. Ja, ließe sich, wenn wir unsrer Phantasie etwas Spielraum geben, nicht viel Angenehmes denken, was für die Cometen-Bewohner aus dieser

Aenderung der Bahn entspringen konnte? — Wenn unsre Sinne oder unser Körper durch die Nähe oder Ferne der Sonne nicht unangenehm afficirt würde, müßte es dann nicht für uns etwas Ueberraschendes und Angenehmes haben, wenn wir mitten zwischen den Monden des Jupiter hinschifften, diesen großen Planeten einige Monate lang ganz in der Nähe betrachten könnten, dann die der Sonne nähern Planeten und die Sonne selbst vollständiger und näher zu sehen bekämen, und überhaupt uns auf einem ganz neuen Schauplatze befänden? Und dieses alles genossen die Bewohner jenes Cometen wirklich! Der Comet ging zwischen den Monden des Jupiter durch, kam auch der Erde so sehr nahe, und es boten sich also den Bewohnern vielfache Gelegenheiten zu mannigfaltigen Beobachtungen dar.

Doch es ist nicht mein Geschäft, mich in Vermuthungen zu verlieren; ich wollte Ihnen bloß zeigen, daß sich etwas zur Vertheidigung dieser anscheinenden Unordnung sagen ließe, und will nun nur noch einige Worte über den Einfluß, den die Cometen auf die Planeten äußern, hinzufügen. — So nahe jener Comet dem Jupi-

ter und der Erde kam, so hat man doch weder in den Bewegungen dieser beiden Planeten, noch in dem Laufe ihrer Monde die geringste Aenderung bemerkt, und man darf daher schließen, daß die anziehende Kraft der Cometen sehr geringe ist. Dieses ist unstreitig ein Glück für die Planeten, denn da die Cometen oft den Planeten sehr nahe kommen können, so würden sie zu merkliche Störungen in der Bewegung der letztern hervorbringen, wenn sie sehr groß wären oder eine starke anziehende Kraft besäßen. Man hat zuweilen Besorgnisse gehegt, daß einmal ein Comet an die Erde oder einen andern Planeten anstoßen könne; aber wenn man die Sache genauer betrachtet, so läßt sich leicht übersehen, daß dieses höchst unwahrscheinlich ist. Unter allen Cometenbahnen, die man kennt, ist noch keine, welche die Erdbahn ganz genau durchschnitte, und keiner dieser Cometen konnte also an die Erde anstoßen; und wenn nun auch die Bahn eines Cometen die Erdbahn genau schneidet, statt daß gewöhnlich die Cometenbahnen die Ebene der Erdbahn in Puncten schneiden, die beträchtlich innerhalb oder außerhalb der Erdbahn liegen: so ist es doch gewiß höchst

selten, daß gerade Erde und Comet zugleich in diesem Durchschnittspuncte ankommen, so daß ein Anstoßen höchst unwahrscheinlich ist, obgleich die Möglichkeit eines solchen Falles sich allenfalls denken ließe.

Fünf und funfzigster Brief.

am 9. Aug.

So hätte ich also Ihnen, meine verehrungswürdige Freundin, das Wichtigste von dem mitgetheilt, was wir über die wahren Bewegungen der Planeten und Cometen wissen; ich habe Ihnen gezeigt, wie man durch Beobachtungen die wahren Bahnen dieser Himmelskörper bestimmen, und wie man durch sehr klare und überzeugende Schlüsse die Kräfte kennen lernen konnte, welche diese Körper in ihren Bahnen erhalten. Jetzt sollte ich billig zu den Fixsternen übergehen, sollte Ihnen die Entfernungen und Größe derselben angeben und untersuchen, ob nicht auch sie ihre Stelle im Weltraume verändern und regelmäßige Bahnen durchlaufen.

Aber das große Feld von Untersuchungen, welches sich hier unsern Forschungen zu öffnen scheint, wird sehr eng begrenzt durch die Schwäche unsrer Kräfte, indem es uns nicht vergönnt ist, diese Untersuchungen mit der Vollständigkeit und Sicherheit anzustellen, welche wir bei Bestimmung der Planetenbahnen erreichen konnten. Die Fixsterne sind so weit von uns entfernt, daß geometrische Bestimmungen ihrer Entfernung und Größe ganz unmöglich sind, und was wir hierüber mit einiger Gewißheit wissen, das beruht auf andern Schlüssen, die ich Ihnen in der Folge noch näher entwickeln werde. Für jetzt muß ich mich begnügen, Ihnen nur etwas Weniges über die Entfernung der Fixsterne mitzutheilen, und Sie daraus oberflächlich auf die erstaunenswürdige Größe des Weltgebäudes schließen zu lassen; ich behalte es mir aber vor, Ihnen in der Folge das umständlich mitzutheilen, was Herschel aus seinen Beobachtungen in Hinsicht der Größe und Ordnung des Weltbaues geschlossen hat, was wir über den veränderlichen Glanz und über die — freilich höchst geringen — Bewegungen der Fixsterne, was wir über die Nebelflecke u. s. w. wissen. Es scheint

mir, daß eine etwas genauere Kenntniß der an nähern Weltkörpern angestellten Beobachtungen diesem vorangehen muß, weil manches, z. B. die Vergleichung des Glanzes der Sterne, sich hier doch nicht ganz erklären ließe. Ich werde also mit dem heutigen Briefe das Ende einer für sich bestehenden Reihe von Untersuchungen erreichen, und ich habe geeilt, zu diesem Ruhepuncte zu gelangen, da eine Reise, die ich nicht aufschieben kann, meinen Briefwechsel auf einige Wochen unterbrechen wird.

Heute also erhalten Sie bloß geometrische Bestimmungen über die Entfernung der Fixsterne oder eigentlich bloß Angaben der geringsten Entfernung, die wir ihnen beilegen dürfen. — Daß die Erde eine beinahe kreisförmige Bahn, deren Durchmesser etwa 42 Millionen Meilen beträgt, durchläuft, daran dürfen wir nun, nach so vielen zusammenstimmenden Beweisen, wohl nicht mehr zweifeln; wenn wir also finden, daß die Fixsterne immer einerlei Lage gegen einander behalten, obgleich wir unsern Standpunct so sehr ändern, oder daß wenigstens die kleinen Aenderungen in der Stellung der Fixsterne gar nicht so mit der Bewe-

gung der Erde übereinstimmen, daß wir sie als Wirkung der Parallaxe betrachten könnten, so läßt sich mit Sicherheit behaupten, daß diese Unveränderlichkeit der scheinbaren Stellung von der ungeheuern Entfernung der Fixsterne herrühren müsse. Ich werde Ihnen von den kleinen Aenderungen in der Stellung der Fixsterne, welche theils durch die allmählige Fortpflanzung des Lichtes bewirkt werden, theils von einer eignen Bewegung der Fixsterne herzurühren scheinen, in der Folge umständlich Rechenschaft geben, und Ihnen zeigen, daß diese Aenderungen gar nicht so sind, daß sie durch die Parallaxe wegen der Bewegung der Erde hervorgebracht werden könnten. Die genauesten Beobachtungen haben gezeigt, daß diejenige Verrückung der Fixsterne, die man als Wirkung der Parallaxe aufzufinden hoffte, noch keine 3 Secunden beträgt, oder eigentlich ganz unmerklich ist und nicht so viel ausmacht, daß man sie zwischen den unvermeidlichen Beobachtungsfehlern als etwas Bestimmtes erkennen könnte. Nehmen wir aber auch an, daß für einen senkrecht über der Erdbahn stehenden Fixstern die Parallaxe 3 Secunden beträgt, während die Erde ihre Stellung um

42 Millionen Meilen in einem halben Jahre ändert: so würde dennoch ein solcher Fixstern 140000mal so weit als die Sonne von uns entfernt sein, und seine Entfernung von uns würde an 3 Billionen Meilen betragen. Und doch ist diese Entfernung die kleinste, die wir irgend einem Fixsterne beilegen können; ja es ist fast gewiß, daß diese Angabe noch um Vieles zu klein ist, da es nach vielen Beobachtungen zu vermuthen ist, daß die Parallaxe noch keine Secunde ausmacht, und also der nächste Fixstern 9 Billionen Meilen entfernt sein muß.

Man hat diese Parallaxe der Fixsterne auf mancherlei Weise zu bestimmen gesucht; unter andern auch dadurch, daß man den Abstand zweier einander sehr nahe stehender Sterne zu verschiedenen Jahreszeiten sehr genau abmaaß. Stehen nämlich diese Sterne, die uns nahe bei einander erscheinen, in sehr ungleichen Entfernungen von uns, so muß die Parallaxe des nähern beträchtlicher sein, als die des entferntern, und jener wird sich das eine halbe Jahr diesem scheinbar nähern, das andre halbe Jahr sich wieder von ihm entfernen. Beobachtungen dieser Art haben zu dem Resultate geführt, daß

die Parallaxe der Fixsterne für uns ganz unmerklich sei; und obgleich man sagen könnte, der Beobachter habe vielleicht zwei Fixsterne gewählt, die gleich weit von uns entfernt waren, so läßt sich doch nicht glauben, daß man bei mehreren verschiedenen Beobachtungen es immer so getroffen habe. Fortgesetzte Untersuchungen können uns vielleicht noch belehren, ob irgend ein Fixstern uns näher ist; für jetzt aber können wir mit aller Wahrscheinlichkeit jene Entfernung als die kleinste annehmen, die wir irgend einem Fixsterne beilegen können.

Offenbar aber können nicht alle Fixsterne uns gleich nahe sein, denn sonst würden sie sich unter einander sehr viel näher stehen als uns, und da alle Fixsterne unsrer Sonne ähnlich sind, wie wir aus ihrem in so ungeheuern Fernen noch sichtbaren Lichte schließen dürfen, so ist nicht zu vermuthen, daß sie sich einander viel näher stehen sollten als unsrer Sonne. Welche Sterne die entfernteren sind, darüber fehlt es uns zwar im Einzelnen gänzlich an aller Kenntniß, und es ist wohl möglich, daß irgend ein kleiner, ganz unansehnlicher Stern uns näher als Sirius ist; aber im Allgemeinen ist es doch

zu vermuthen, daß die kleiner aussehenden Sterne die entfernteren sind, und wir dürfen daher mit Wahrscheinlichkeit die Helligkeit der Sterne als einen ohngefähren Maaßstab ihrer Entfernungen von uns annehmen, obgleich einzelne Ausnahmen wohl Statt finden mögen. Nennen wir also die hellesten Sterne, von der ersten Größe, die halb so hellen von der zweiten Größe u. s. w., so kann man im Allgemeinen vermuthen, daß die Sterne zweiter Größe doppelt so entfernt von uns sind, als die von der ersten Größe, die Sterne dritter Größe dreimal so entfernt u. s. w. Ein gutes, nicht ungewöhnlich scharfes Auge erkennt noch die Sterne, welche man sechster Größe nennt, und wir dürfen also nach jener Regel annehmen, daß diese Sterne über 20 Billionen Meilen oder eine Millionmal so weit als die Sonne von uns sind, und daß unser bloßes Auge bis zu dieser Entfernung noch einzelne Sterne erkennt; aber dieses ist sehr unbedeutend gegen die Entfernung, in welcher wir mit Fernröhren noch Sterne entdecken. Herschel besitzt mehrere Fernröhre, mit denen er Gegenstände entdeckt, welche nur etwa den hun-

dertsten Theil des Glanzes haben, den ein Gegenstand haben müßte, um mit bloßen Augen gesehen zu werden; mit diesen konnte er also, wenn wir den Ausdruck hier anwenden, noch Sterne der sechshundertsten Größe, und mit dem mächtigen vierzigfüßigen Telescope beinahe Sterne der zwölfhundertsten Größe entdecken, oder bis in zwölfhundertmal so große Entfernungen blicken, als die Entfernung des nächsten Fixsterns ist. Und dennoch, ungeachtet dieser erstaunenswürdigen Erweiterung seines Gesichtskreises, sah er noch immer neue Sterne, und entdeckte noch immer feine Lichtpünctchen, die ihm nur noch eben erkennbar waren, und an der äußersten Grenze seines Gesichtskreises lagen. Dieser unermeßliche Raum schließt also noch nicht das ganze Sternenheer in sich, sondern stärkere Instrumente würden uns noch immer neue Sterne entdecken lassen, — und selbst unsre jetzigen Fernröhre zeigen uns Gegenstände, die nach aller Wahrscheinlichkeit noch weit entfernter sind. Bis zu jenen Entfernungen nämlich konnte unser geschärftes Auge in Rücksicht einzeln stehender Sterne vordringen, und es ist also natürlich, daß wir einen dicht zusammenstehenden Stern-

haufen von 1000 Sternen noch in viel größerer Entfernung erblicken müssen. Solche Sternhaufen aber sind die sogenannten Nebelflecke, von deren Ansehen Sie sich einen Begriff machen können, wenn Sie den Sternhaufen im Krebse betrachten, der in den letzten Winter-Monaten immer Abends in Süden sehr schön zu sehen ist. *) Diesen blassen neblichten Fleck erkennt man schon durch schwache Fernröhre als einen Haufen von nahe zusammenstehenden Sternen, und eben so erblickt man mit sehr starken Fernröhren fast alle die glänzenden Fleckchen, die sich in schwächern Instrumenten als Nebelflecke zeigen, und deren man schon mehrere Tausende beobachtet hat, in Sterne aufgelöst. Einige Nebelflecke machen hievon eine Ausnahme, und über die eigentliche Natur dieser Nebelflecke sind wir noch sehr im Dunkeln. Der Nebel-

*) Wenn der Orion in Süden steht, so findet man etwa eben so weit östlich von ihm als das Siebengestirn westlich steht, die grade über einander stehenden hellen Sterne, welche die Köpfe der Zwillinge vorstellen. Etwas östlich von diesen und etwas niedriger findet man einen blassen Fleck, welches der erwähnte Sternhaufen ist.

fleck in der Andromeda z. B. ist schon dem bloßen Auge als ein matter Schimmer, dem Schimmer der Milchstraße ähnlich, sichtbar, *) und dennoch kann man selbst durch die stärksten Fernröhre nicht entscheiden, ob er aus einem Haufen von Sternen besteht. Doch von diesem und andern räthselhaften Gegenständen kann ich Sie für jetzt nicht umständlich unterhalten, sondern ich wollte Sie nur aufmerksam

*) Dieser Nebelfleck läßt sich auf folgende Weise am bequemsten in den letzten Monaten des Jahres auffinden. Wenn man die Zeit abwartet, da das Siebengestirn noch etwa 1½ Stunde gebraucht, um den Meridian zu erreichen, so steht um diese Zeit der Kopf des Widders, an zwei helleren, schief unter einander stehenden Sternen kenntlich, grade in Süden, etwa gleich hoch mit dem Siebengestirn. Grade über dem Kopfe des Widders zeichnet sich, ohngefähr im Zenith, ein Stern zweiter Größe am Fuße der Andromeda aus, und von diesem etwas westwärts ein andrer Stern zweiter Größe im Gürtel der Andromeda. Hat man diese beiden aufgefunden, so bemerkt man leicht in der Nähe des Letztern etwas nordwärts noch zwei nicht ganz so helle Sterne, und dicht bei dem nördlichsten dieser drei Sterne, welche den Gürtel der Andromeda bilden, wird ein gutes Auge sogleich jenen etwas länglichten Nebelfleck auffinden.

darauf machen, in welchen ungeheueren Fernen uns dieses vereinigte Licht vieler Sterne noch sichtbar bleiben kann. Nach Herschels sehr wohl begründeten Vermuthungen ist das zahllose Heer von Sternen, die wir in einer heitern Nacht sehen, nichts mehr als ein solcher Nebelfleck, deren wir Tausende am Himmel finden: das heißt, wenn wir uns auf den Sternen eines solchen Nebelfleckes befänden, so würde die Menge von Sternen, die uns jetzt den ganzen Himmel erfüllen, in den engen Raum eines Nebelfleckes zusammengerückt sein, und mit dem matten Glanze erscheinen, den uns die Nebelflecke zeigen. Jene blassen Fleckchen sind also aus vielen tausend Sternen zusammengesetzt, deren vereinter Glanz zu schwach ist, um das bloße Auge zu rühren, und die daher nur mit guten Fernröhren sichtbar werden, und nur durch sehr vorzügliche Instrumente so erscheinen, daß wir einzelne Sterne in diesem Gedränge von Lichtpünctchen wahrnehmen können. Es läßt sich also leicht erachten, daß diese Sternensysteme sich vermuthlich in mehr als hunderttausendmal größerer Entfernung als der nächste Fixstern befinden mögen, und daß das Welt-

ge-

gebäude eine noch viel ausgedehntere Größe hat, als der erste Blick auf die unzähligen Sterne uns schon vermuthen ließ. Und solcher Sternensysteme giebt es unzählige! — Nur wenige Gegenden des Himmels hat man erst genauer untersucht und schon Tausende gefunden, welche Menge mag also, unserm Auge erreichbar, noch in den ununtersuchten Gegenden des Himmels stehen, und welche größere Menge würden nicht stärkere Instrumente uns entdecken lassen!

So führt uns also, selbst die angestrengteste Forschung nicht ans Ende, sondern erweitert nur unsre Begriffe von der Größe des Weltgebäudes, dessen Unendlichkeit kein Auge zu überschauen und kein menschlicher Geist zu fassen vermag. Schon der gewöhnliche Anblick des Sternenhimmels erfüllt uns mit Erstaunen, schon da scheint uns das Heer von Welten, welches uns umgiebt, zahllos und unermeßlich zu sein; aber was sind die Tausende von Sternen, die das bloße Auge erblickt, gegen die Millionen, welche sich dem geschärften Blicke zeigen, und gegen die unendlichen Heere, die so entfernt sind, daß kaum die vereinigten

Strahlen von Tausenden hinreichen, um unserm durch Instrumente tausendfach verstärkten Auge kenntlich zu werden. —

Mit Grau'n füllt und Ehrfurcht der Anblick, mit Entzücken
Das Herz des, der sich da freu't, wo Freud' ist, nicht allein ihn ihr Phantom täuscht.

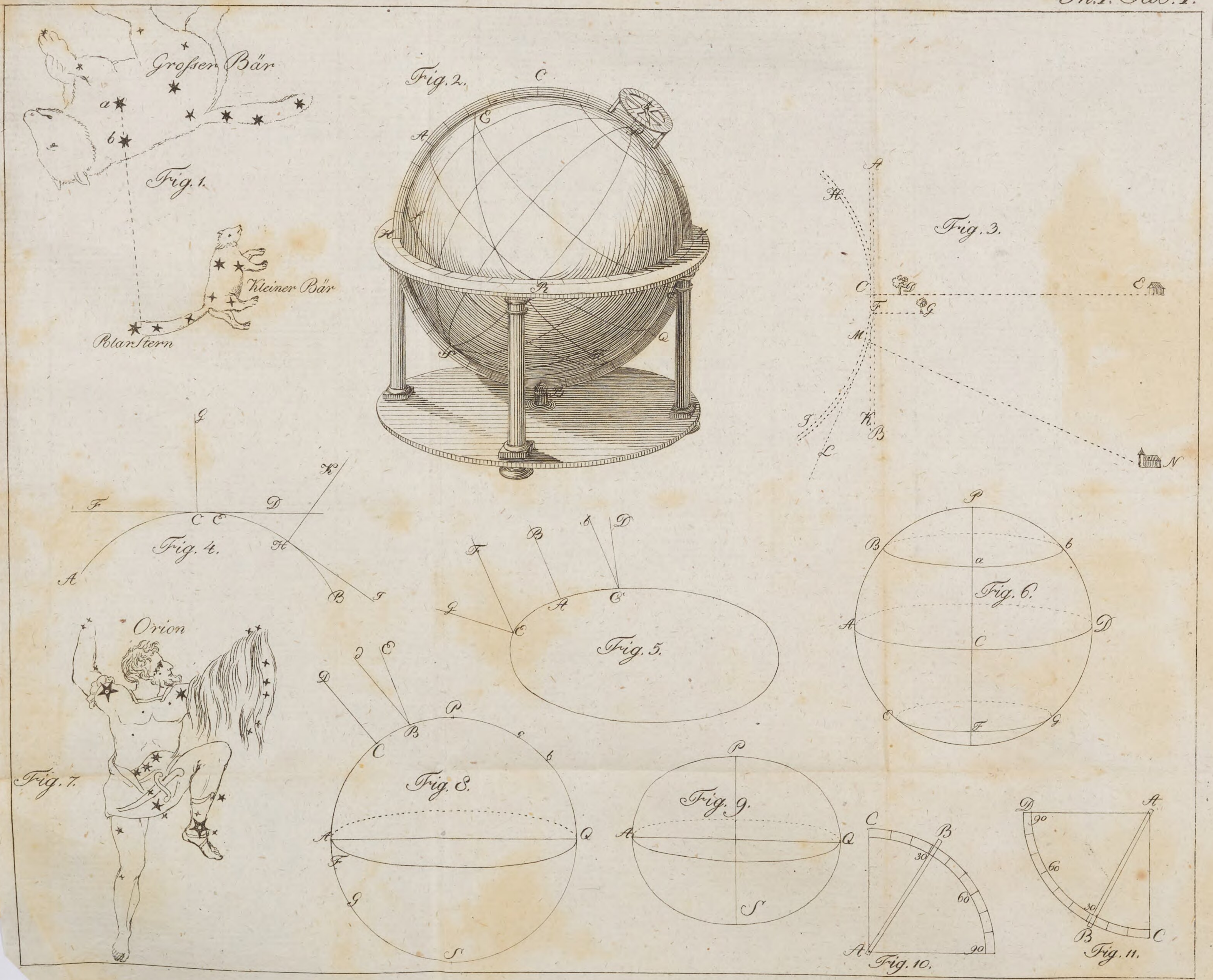
Druckfehler
im ersten Theile.

S. 13. Z. 8. lies: kleinere statt: kleine
— 42. — 5. l. wann st. wenn
— 55. — 20. l. Fußen st. Füßen
— 58. — 13. l. diese st. unsre
— 62. — 6. l. will ich Ihren
— 75. — 3. v. u. l. besetzt, zu halten
— 133. — 5. l. Zeiträumen zwischen den
— 135. — 9. l. jener eine st. jener einen
— 171. — 8. l. oder s und m, st. oder S und m

Im zweiten Theile.

S. 81. Z. 12. l. den Anfang st. der Anfang
— 110. — 3. v. u. l. Es muß nämlich, wenn die Erde
— 118. — 16. l. bei welchem wir st. wo wir
— 135. — 3. v. u. l. fortgleitet st. fortgeleitet wird
— 185. — 4. v. u. l. zu fallen st. zufallen
— 198. letzte Zeile l. zeichnen st. zeigen
— 202. — 5. l. so hat es doch st. so hat er doch
— 211. — 9. l. DF st. DT
— 218. — 19. l. demjenigen Theile
— 230. — 2. l. und der Planeten

Auch ist noch zu bemerken, daß die Monatstage, von welchen die Briefe datirt sind, sich auf die Jahre 1806 und 1807 beziehen. Dieses muß man deswegen bemerken, weil zuweilen von Erscheinungen am Himmel die Rede ist, die sich nur in jenen Jahren in den angegebenen Jahreszeiten ereigneten.


Großen Bär
Fig. 1.
Kleiner Bär
Polarstern
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Orion
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 11.

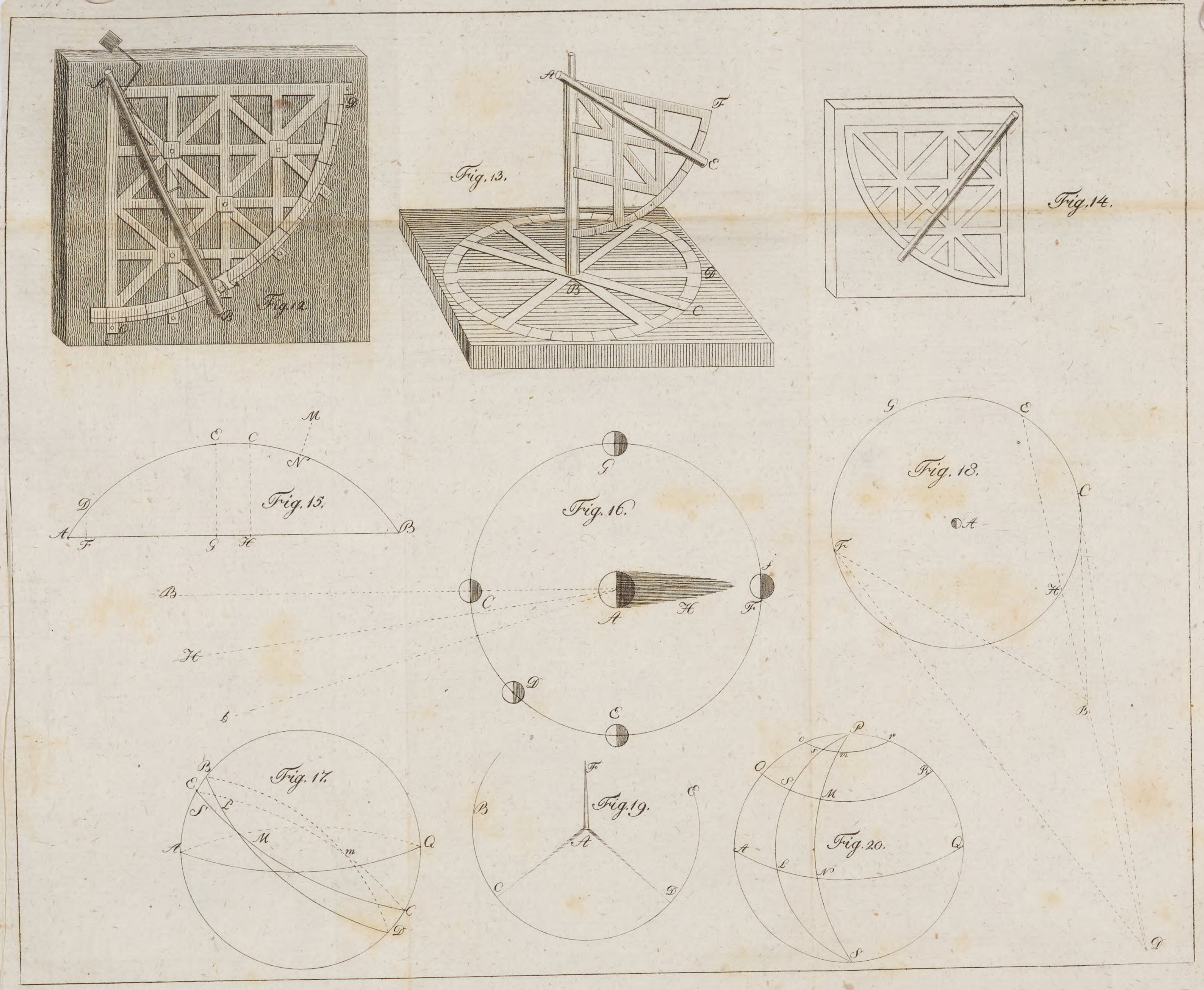


Fig. 12.
Fig. 13.
Fig. 14.
Fig. 15.
Fig. 16.
Fig. 17.
Fig. 18.
Fig. 19.
Fig. 20.

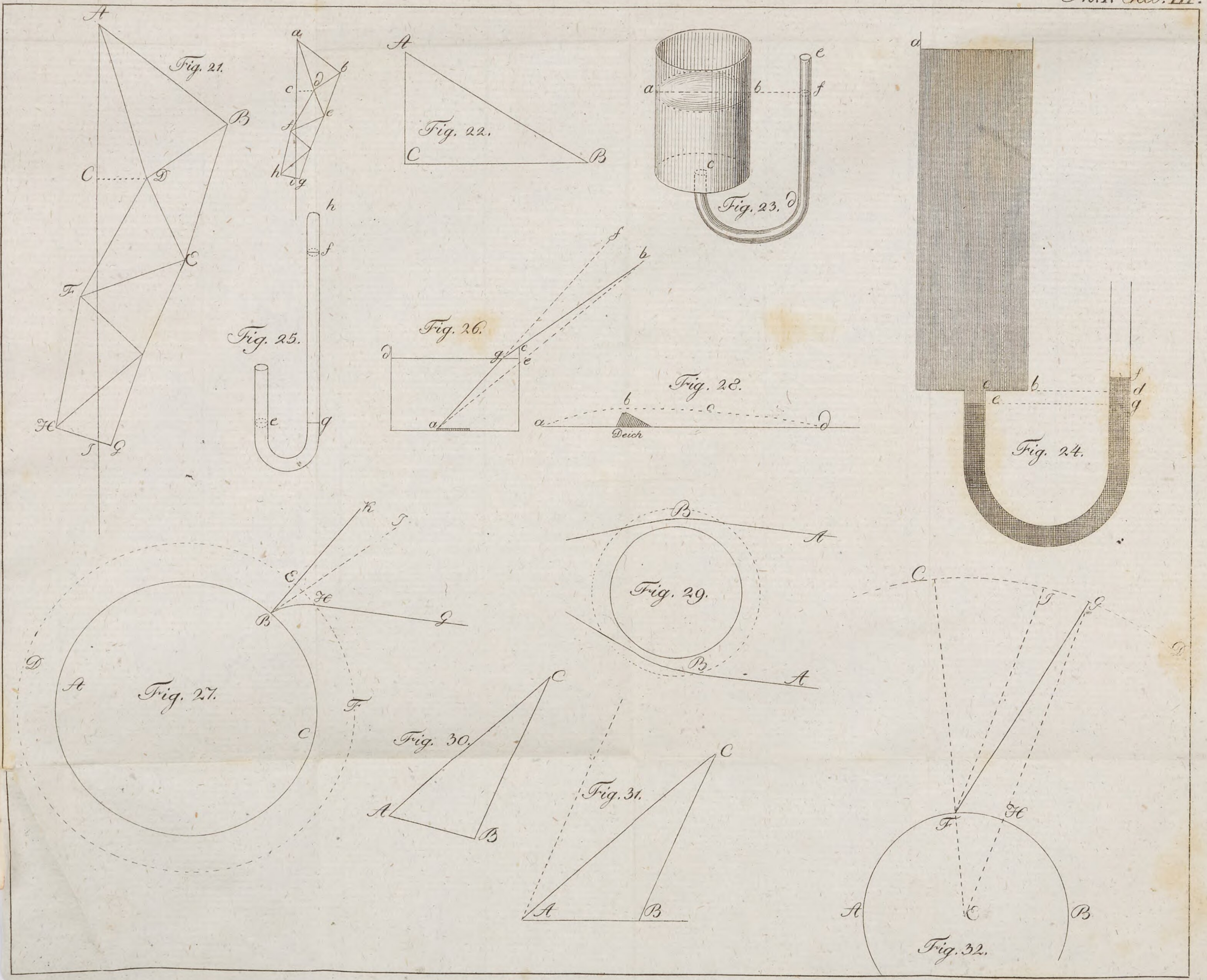


Fig. 21.
Fig. 22.
Fig. 23.
Fig. 24.
Fig. 25.
Fig. 26.
Fig. 28.
Deich
Fig. 27.
Fig. 29.
Fig. 30.
Fig. 31.
Fig. 32.

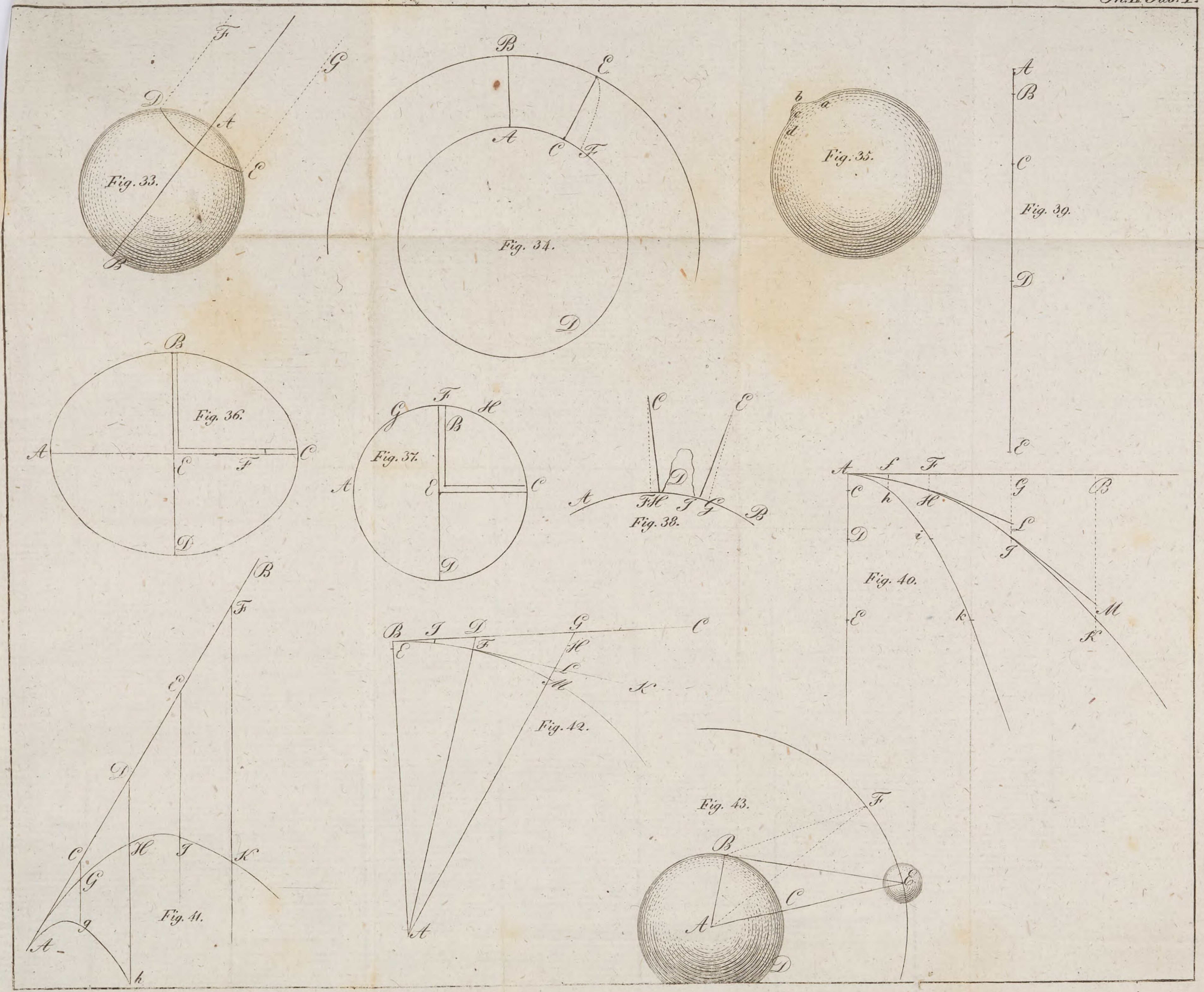


Fig. 33. Fig. 34. Fig. 35. Fig. 36. Fig. 37. Fig. 38. Fig. 39. Fig. 40. Fig. 41. Fig. 42. Fig. 43.

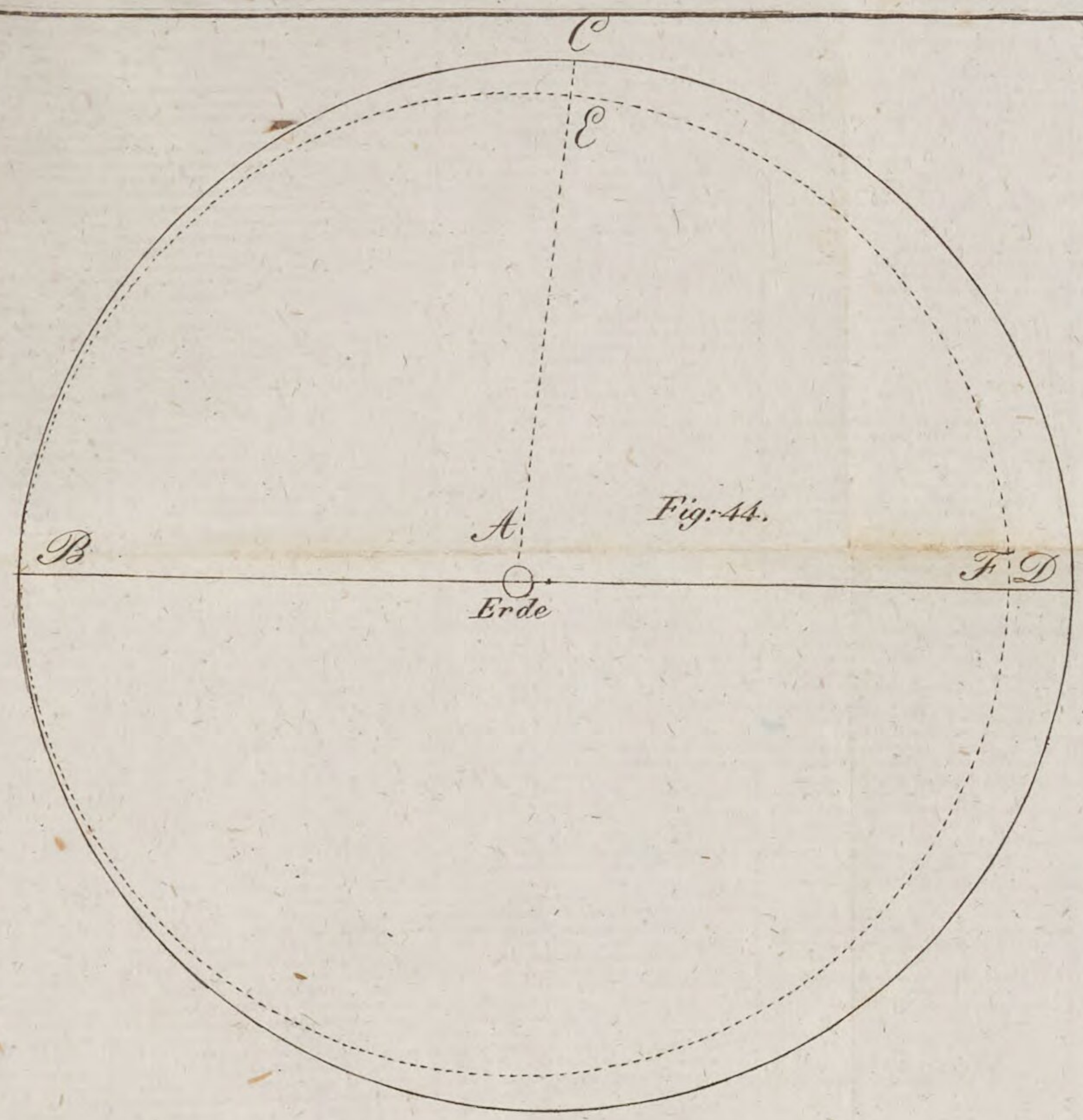


Fig:44.

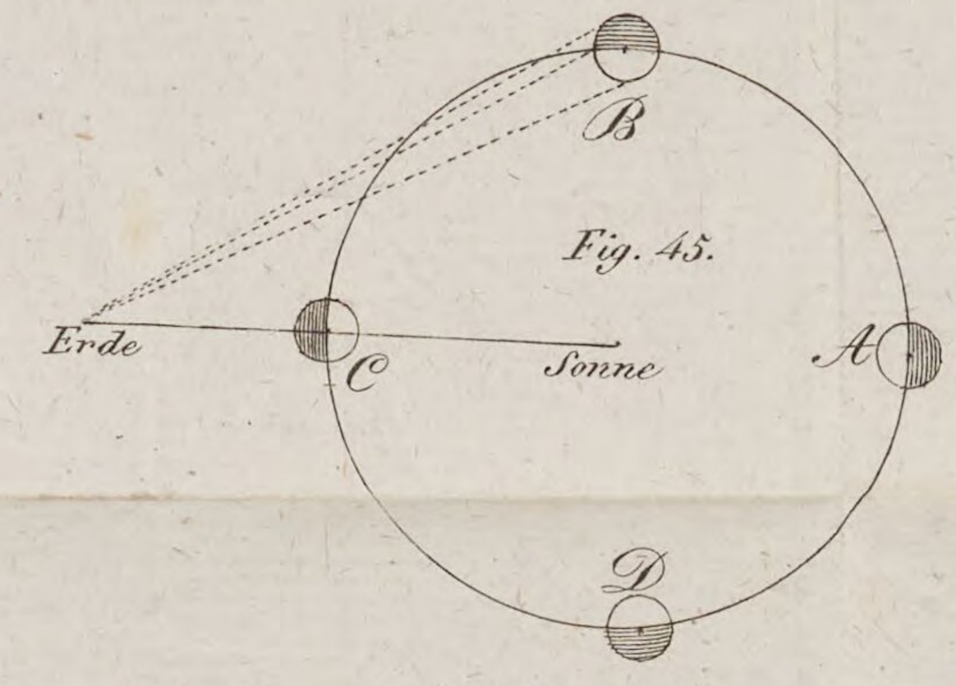


Fig. 45.

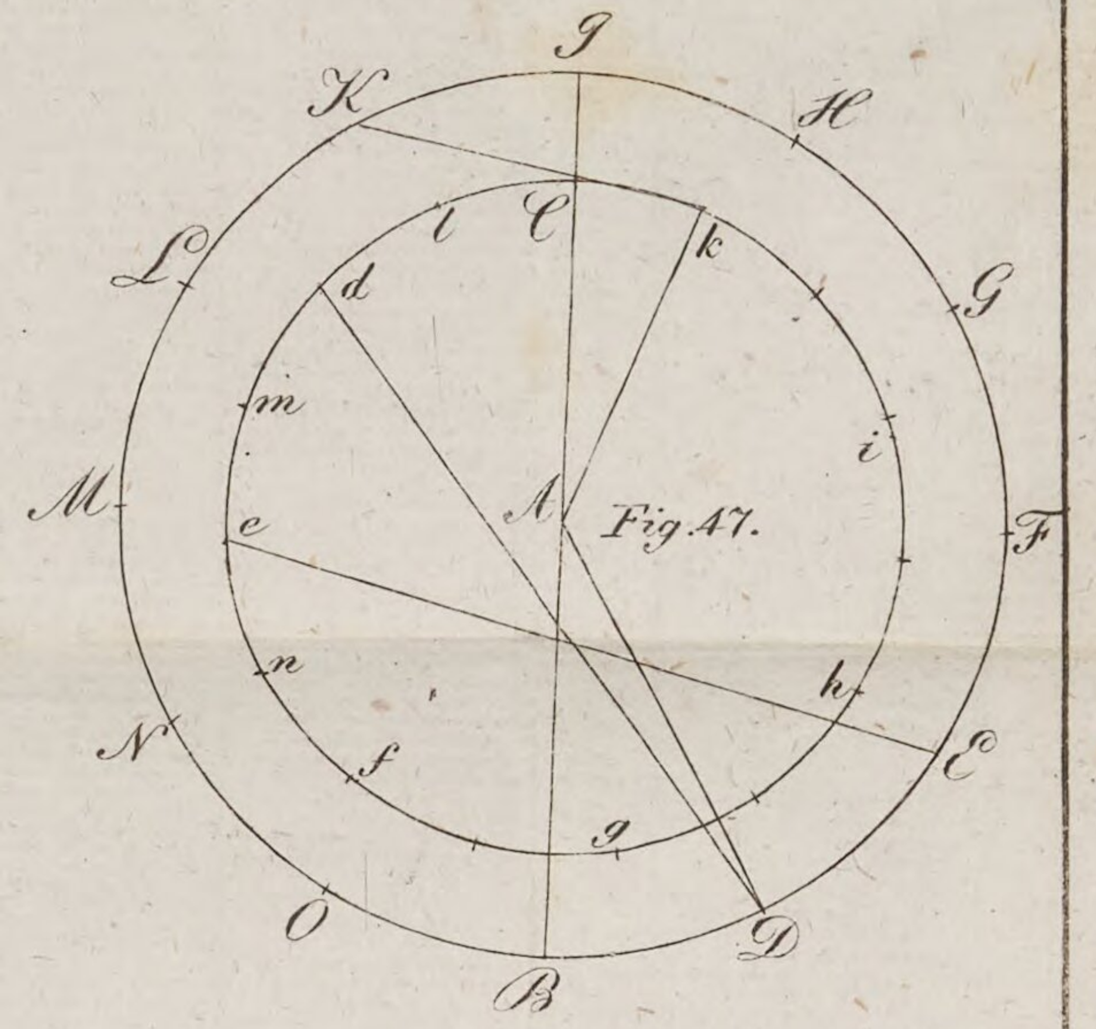


Fig.47.

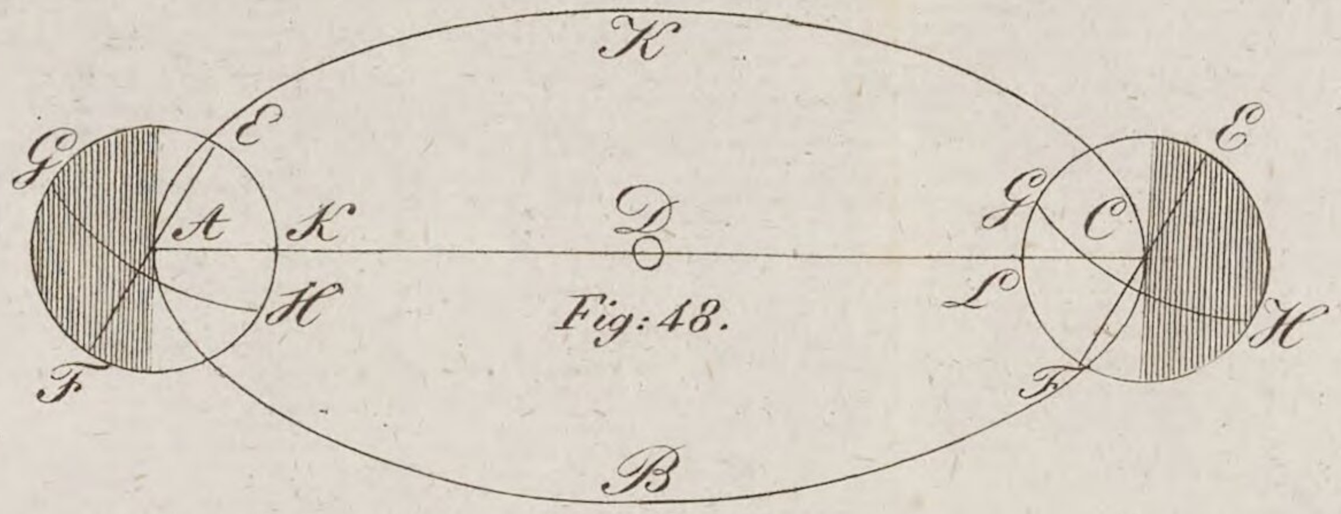


Fig:48.

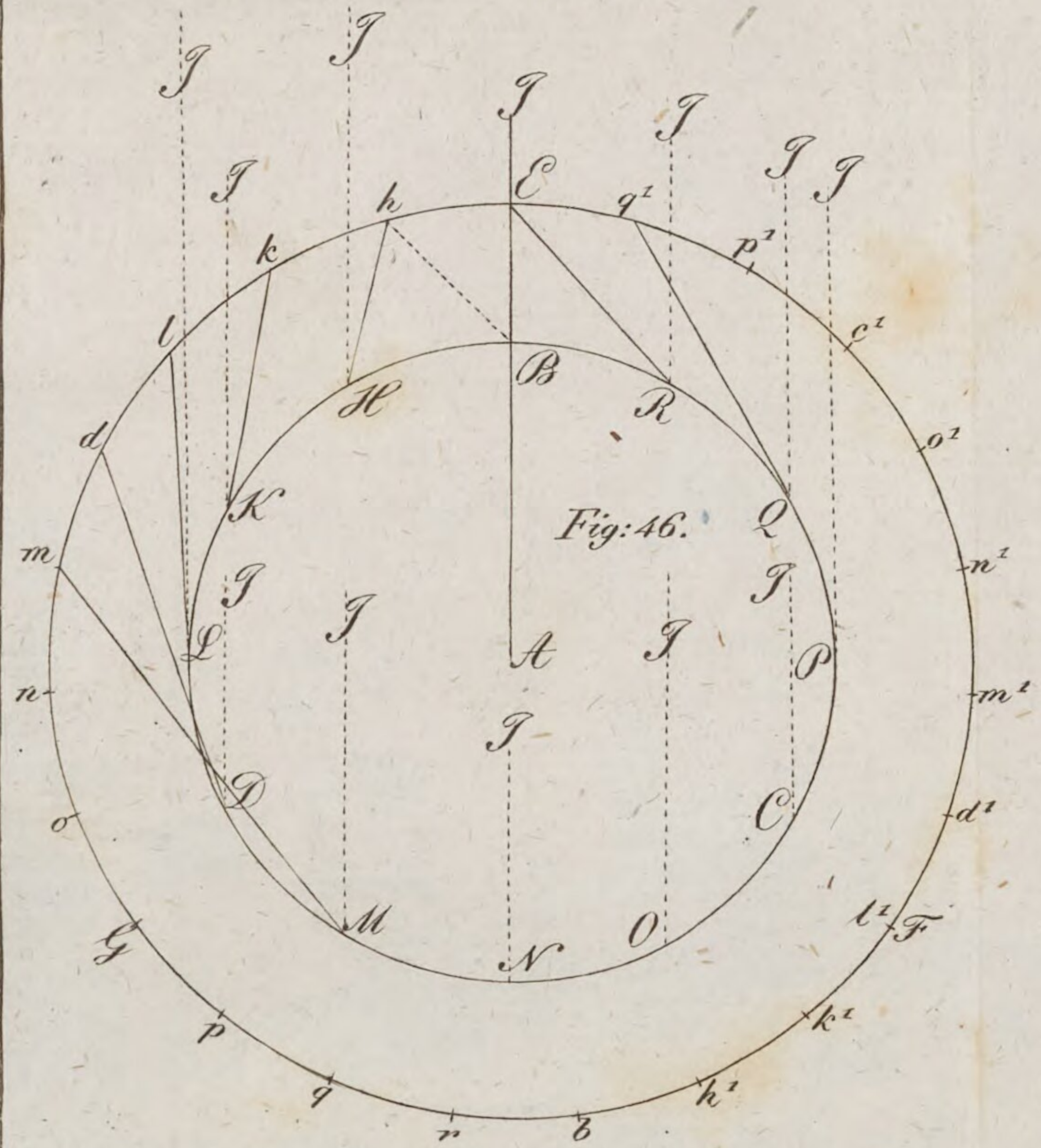


Fig:46.

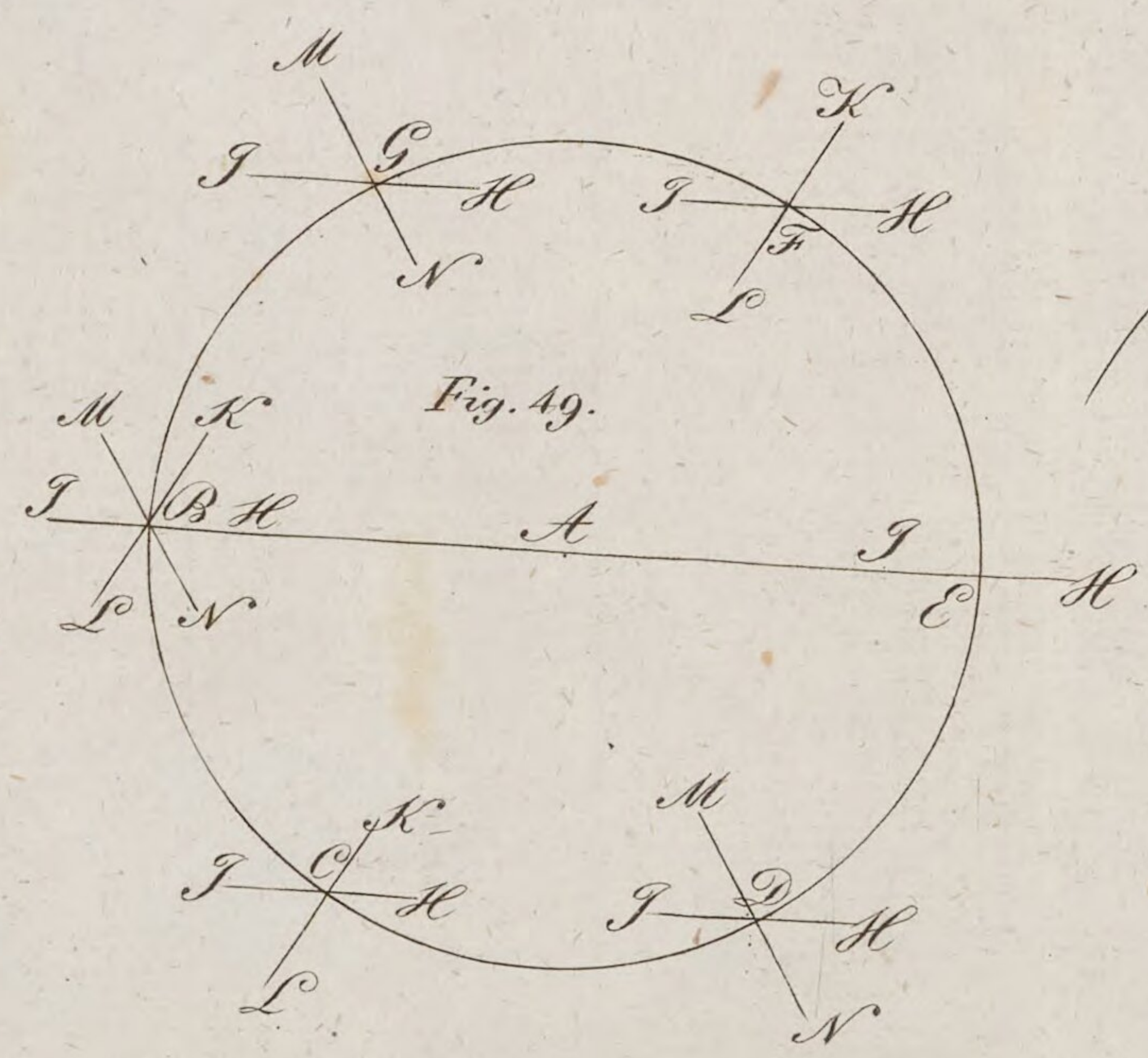


Fig. 49.

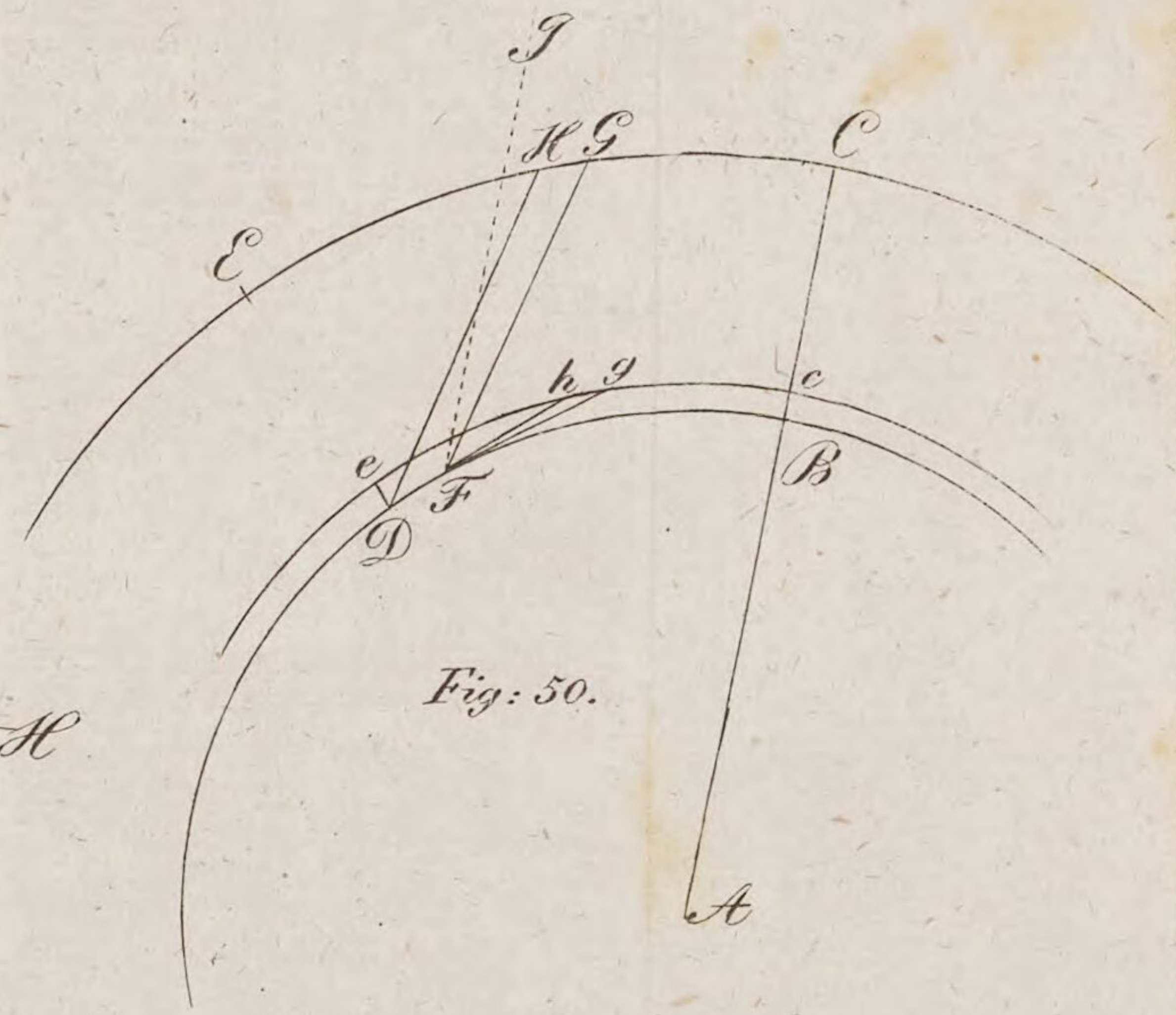


Fig: 50.

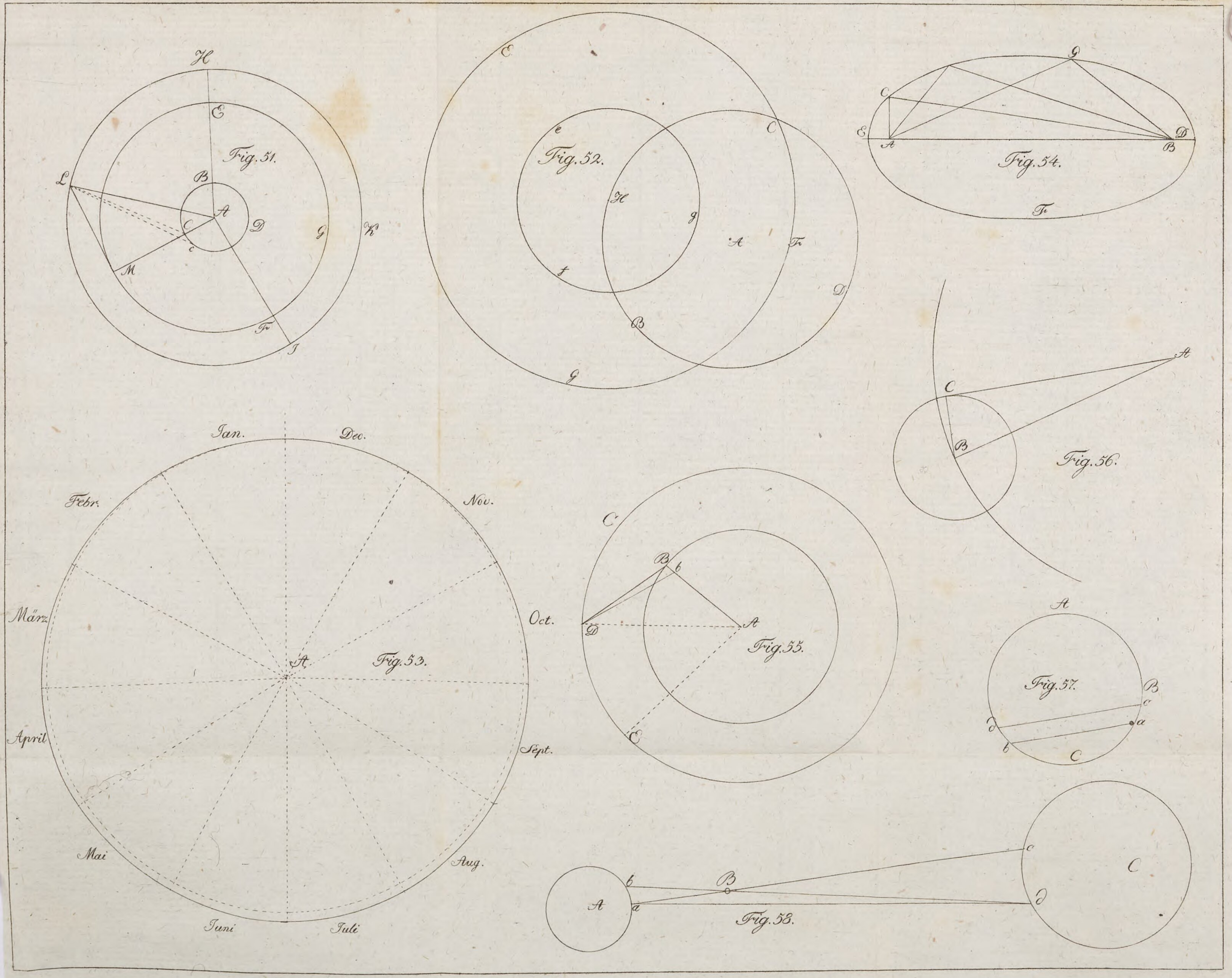
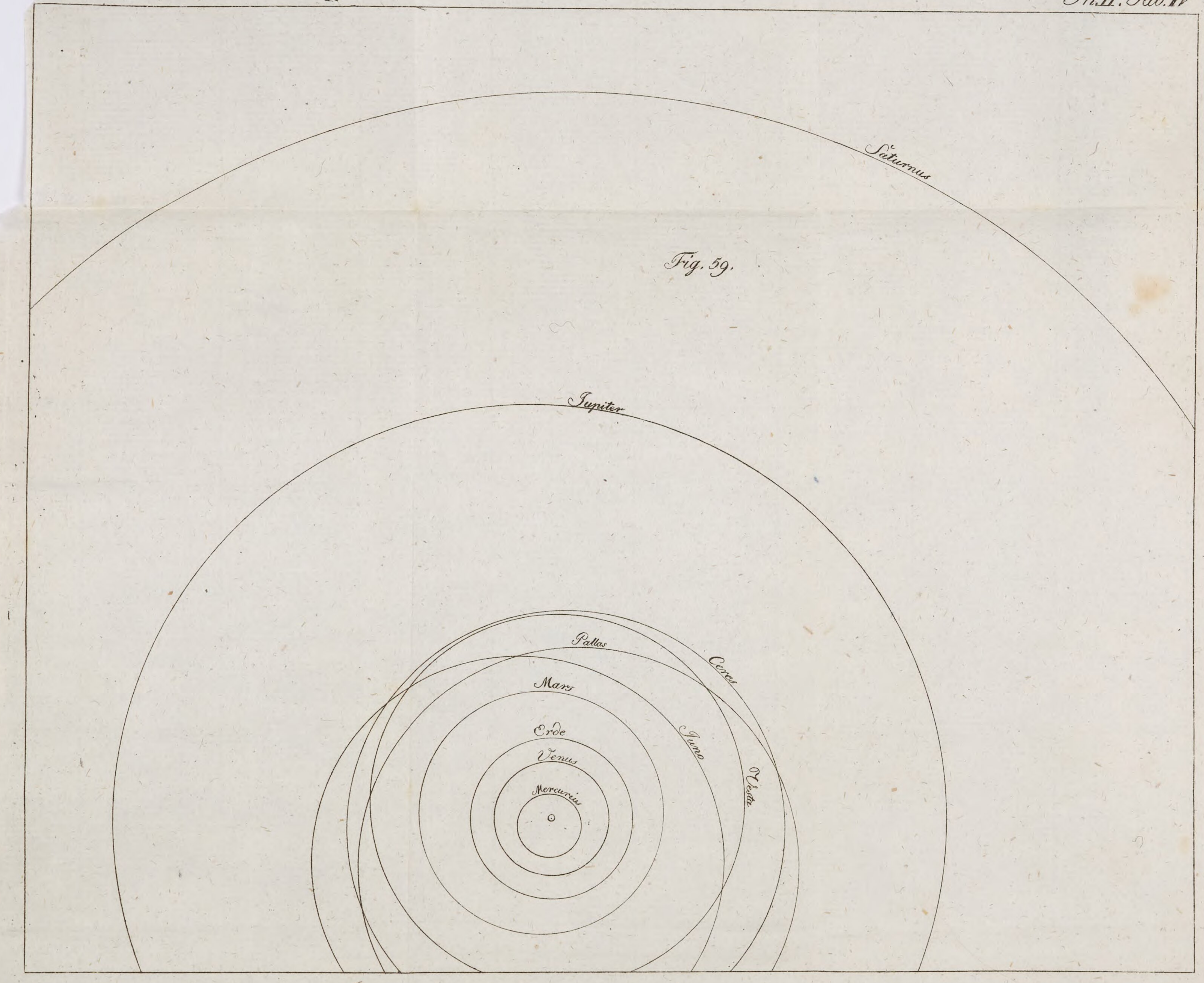


Fig. 51.
Fig. 52.
Fig. 53.
Jan.
Dec.
Febr.
Nov.
März
Oct.
April
Sept.
Mai
Aug.
Juni
Juli
Fig. 54.
Fig. 55.
Fig. 56.
Fig. 57.
Fig. 58.

Fig. 59.


Saturnus
Jupiter
Pallas
Ceres
Mars
Juno
Vesta
Erde
Venus
Mercurius

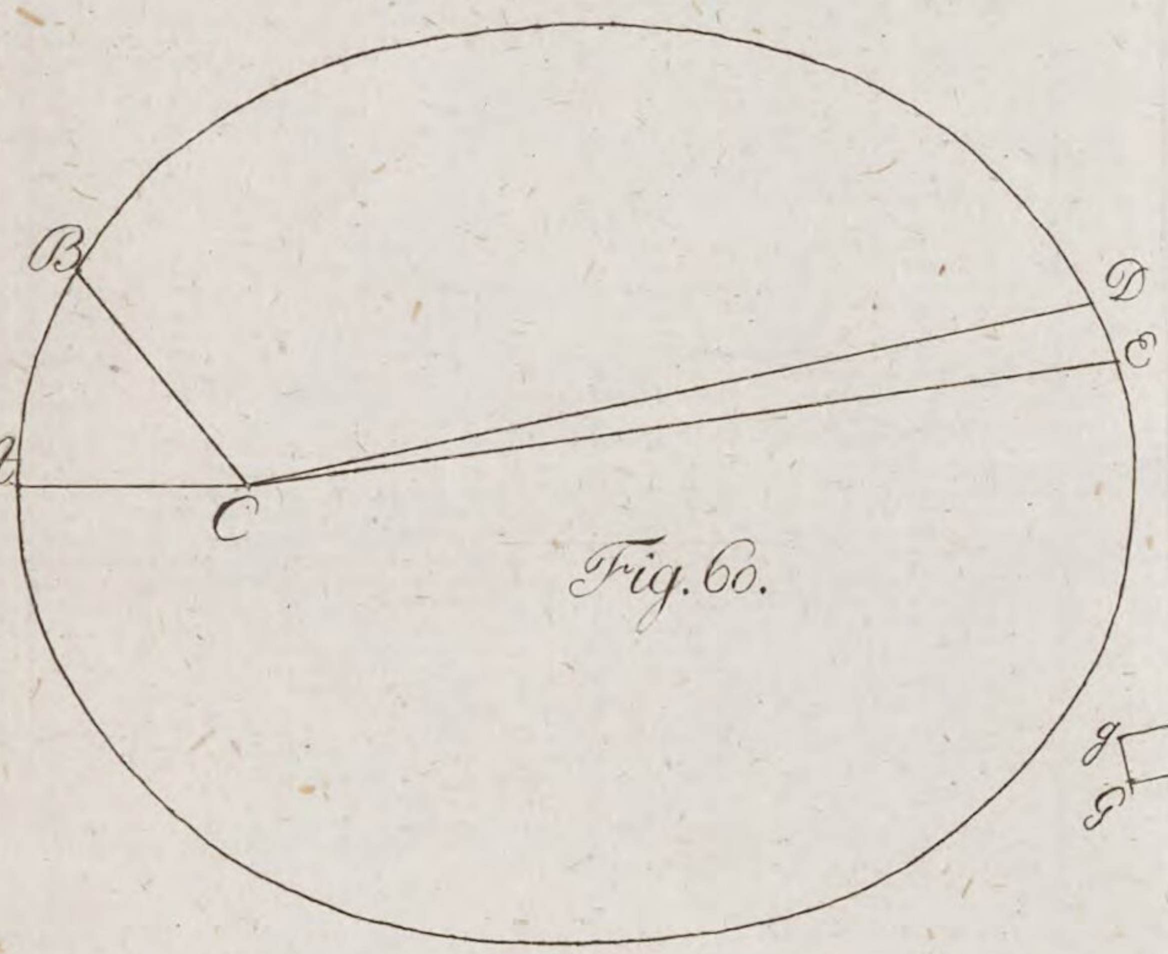


Fig. 60.

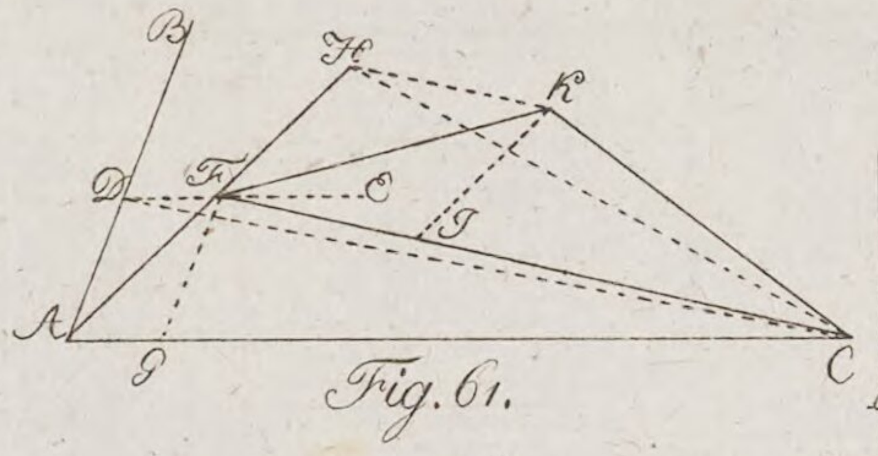


Fig. 61.

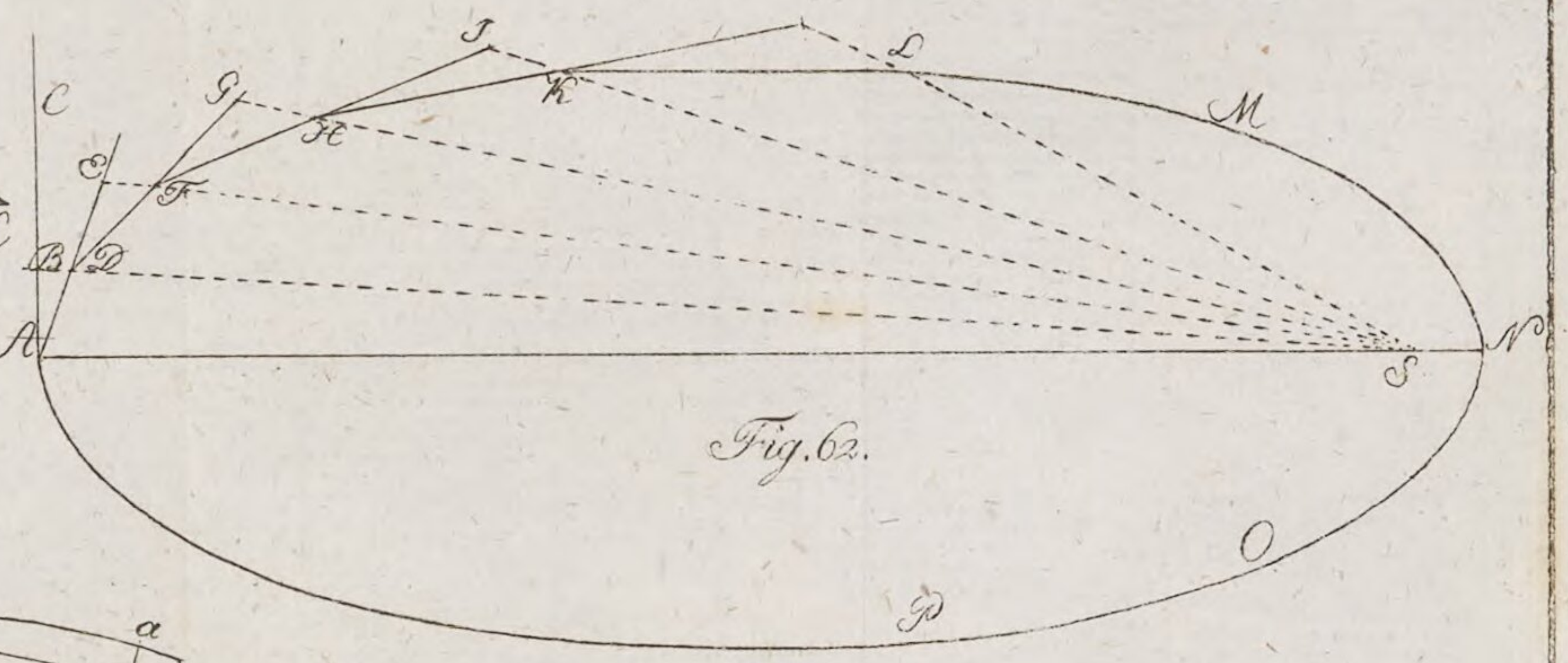


Fig. 62.

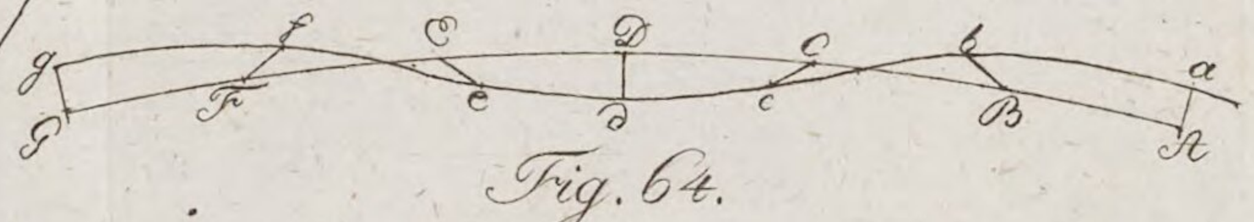


Fig. 64.

Fig. 63.

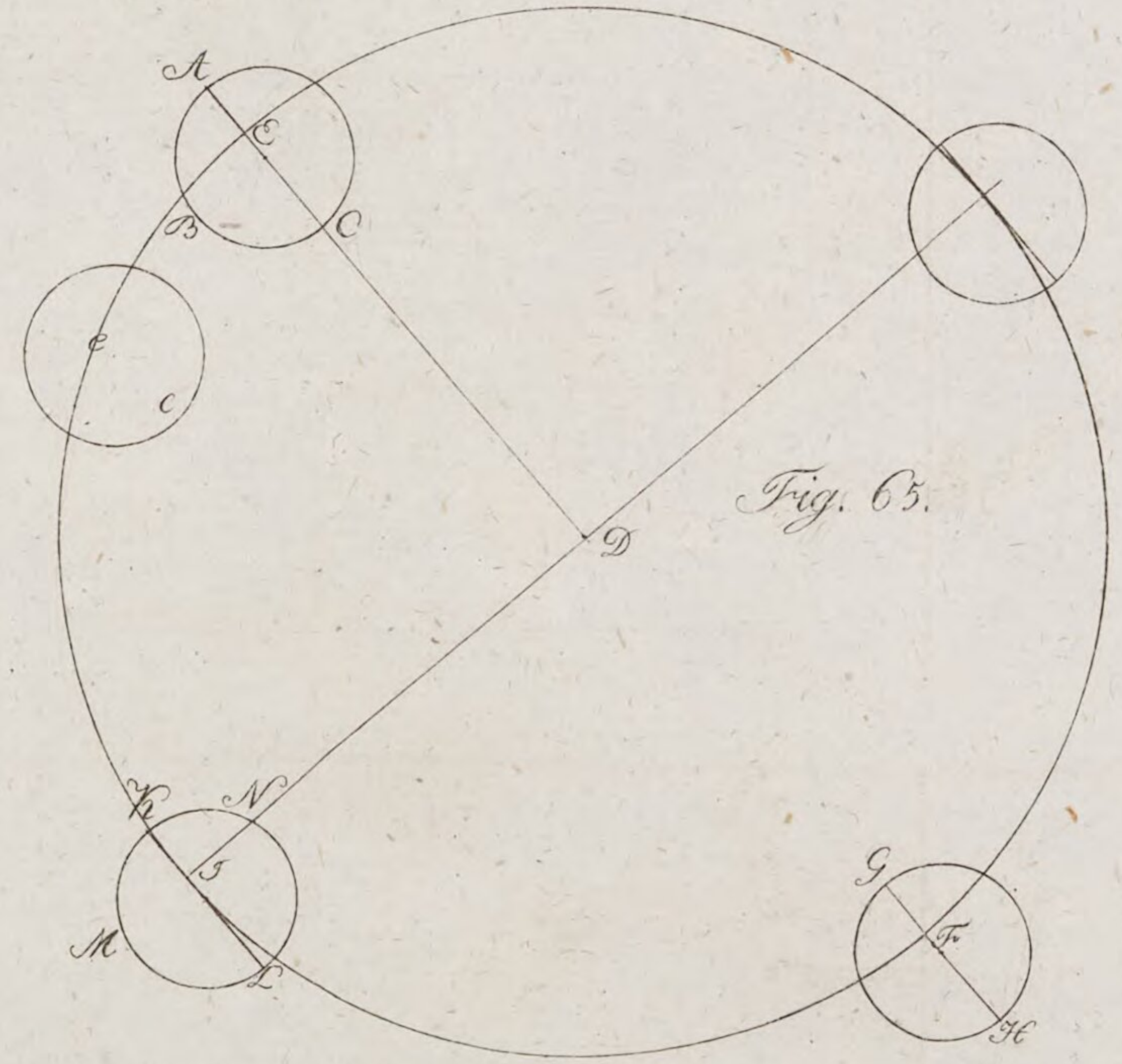


Fig. 65.

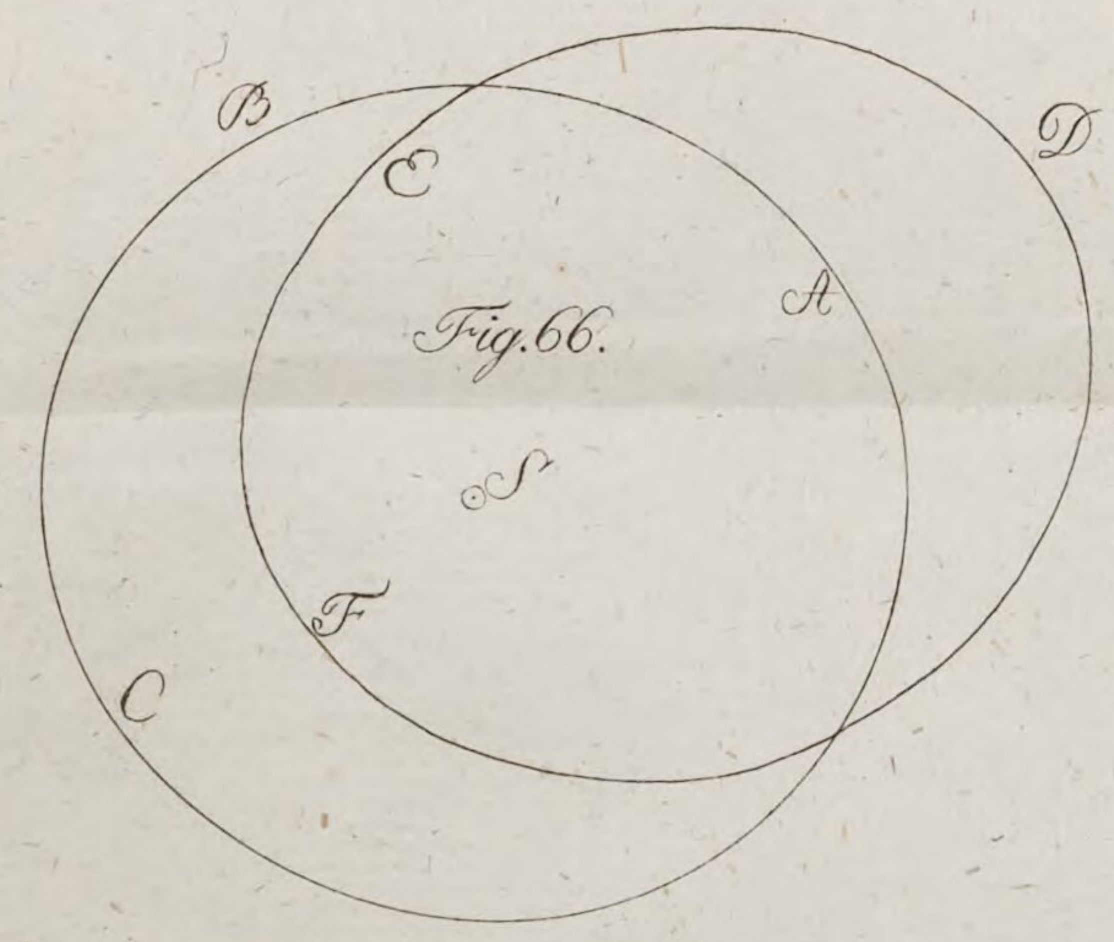


Fig. 66.

Fig. 67.

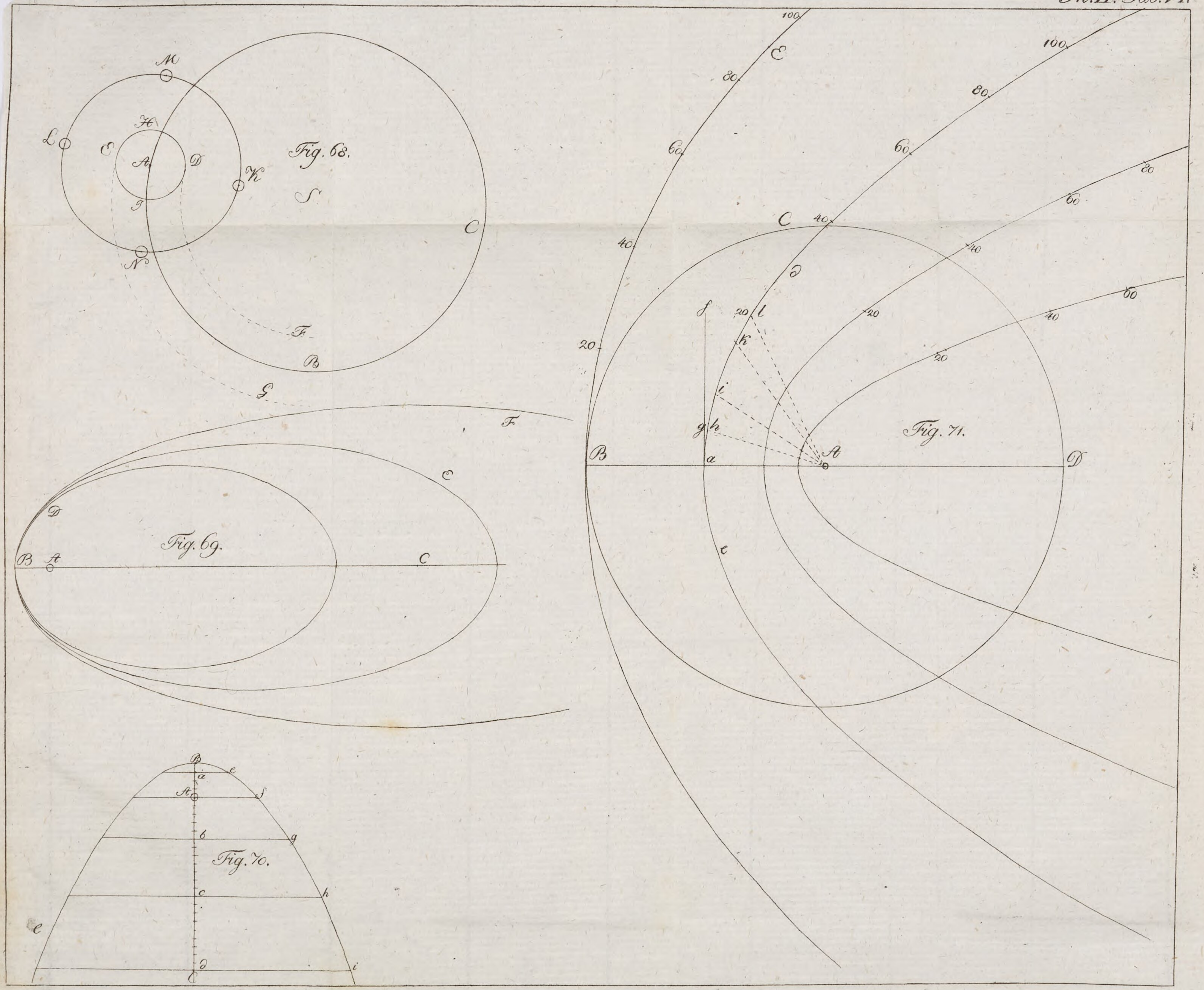


Fig. 68.
M
H
L
E
A
D
K
S
J
C
N
F
B
G
Fig. 69.
F
E
D
B
A
C
Fig. 70.
B
e
a
A
f
b
g
c
h
e
d
i
C
Fig. 71.
100
E
80
60
40
20
100
80
60
C
40
d
f
20
l
k
i
g
h
B
a
A
D
c

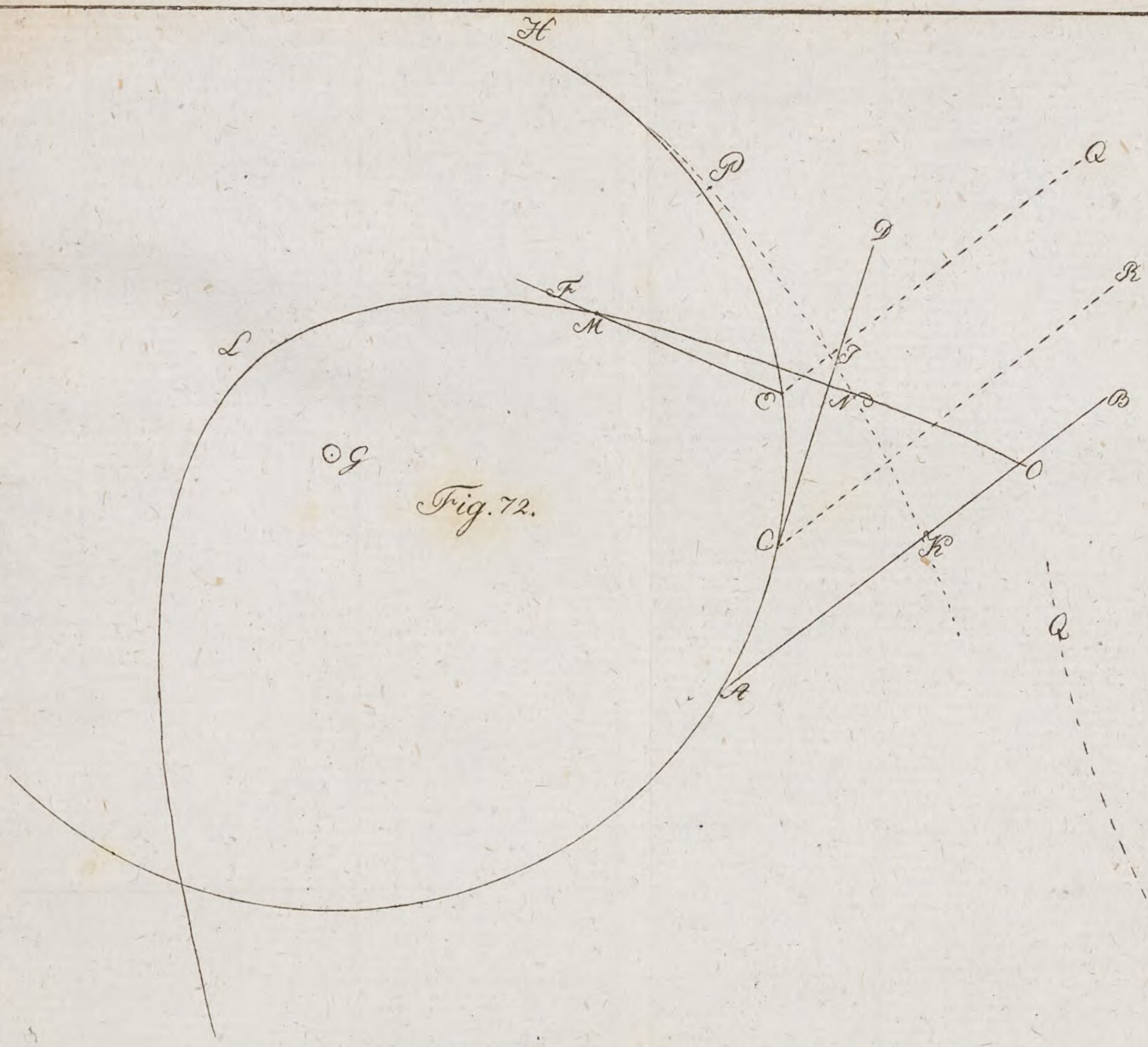


Fig. 72.

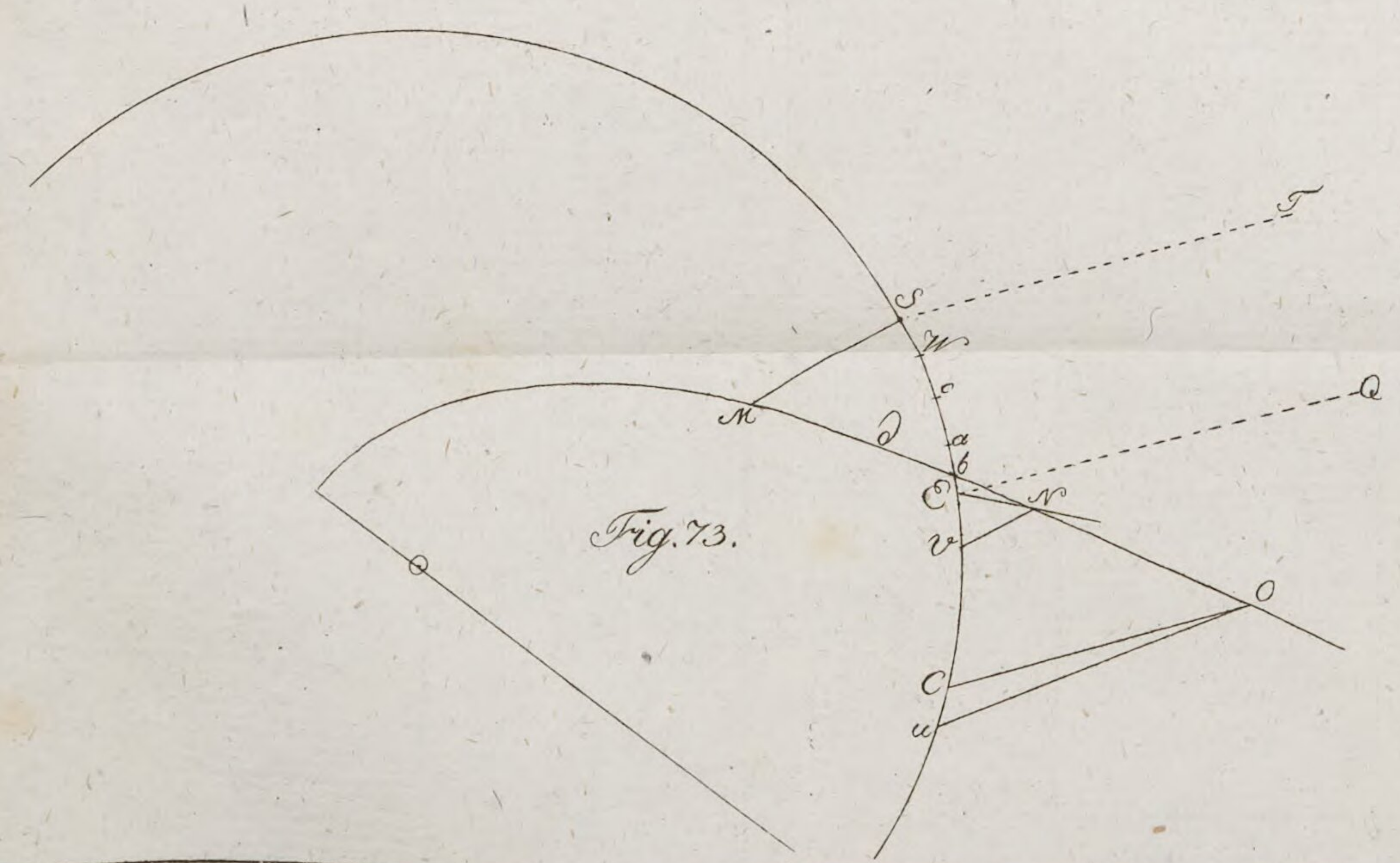


Fig. 73.

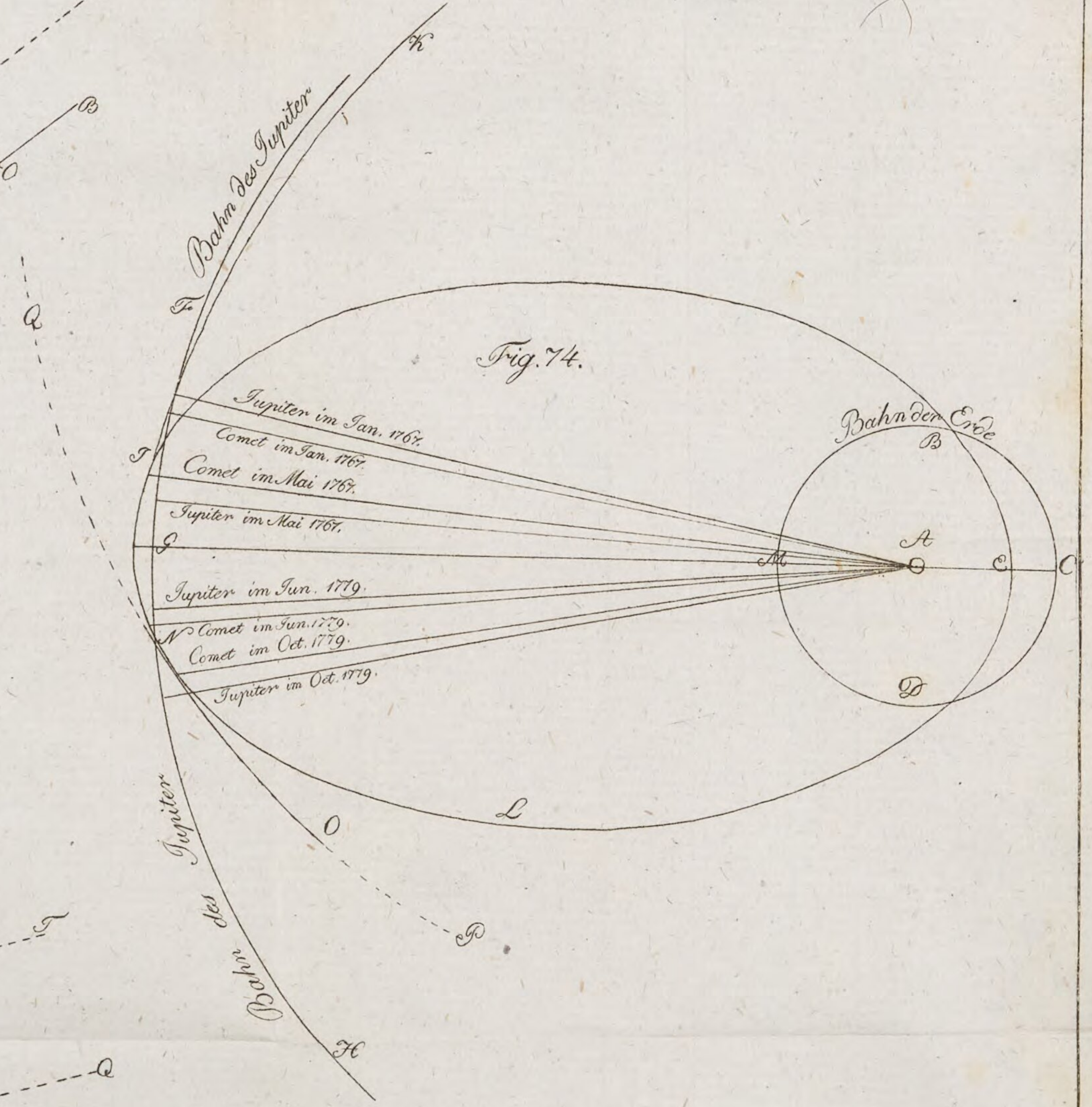


Fig. 74.

Bayerische StaatsBibliothek
Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Brandes, Heinrich Wilhelm,

Die vornehmsten Lehren der Astronomie deutlich dargestellt in Briefen an eine Freundin

Bd.: 2

Leipzig (1811)

Astr.u. 35-1/2
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10060873-2